

Sammlung Göschen

Geologie

von

Dr. Eberhard Fraas

Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln
mit über 50 Figuren

Sammlung Göschen.



W Pelka Dr phil. April 1907

Sammlung Göschen Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände.

Akustik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik u. Akustik Von Dr. Gust. Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.

— **Musikalische,** v. Dr. Karl L. Schäfer, Dozent an der Universität Berlin. Mit 35 Abbild. Nr. 21.

Algebra. Arithmetik und Algebra von Dr. Herm. Schubert, Professor an der Gelehrtenschule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

Alpen, Die, von Dr. Rob. Sieger Priv.-Doz. an der Universität u. Professor a. d. Exportakademie des k. k. Handelsmuseums in Wien. Mit 19 Abbild. und 1 Karte. Nr. 129.

Altertümer, Die deutschen, v. Dr. Franz Fuhse, Dir. d. städt. Museums i. Braunschweig. Mit 70 Abb. Nr. 124.

Altertumskunde, Griech., v Prof. Dr. Rich. Maisch, neu bearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.

— **Römische,** von Dr. Leo Bloch, Dozent a. d. Univ. Zürich. Mit 8 Vollb. Nr. 45.

Analysis, Höhere, I: Differentialrechnung. Von Dr. Frdr. Junker, Prof. am Realgymn. u. an der Realanstalt in Ulm. Mit 68 Fig. Nr. 87.

— — — Repetitorium und Aufgabensammlung z. Differentialrechnung v. Dr. Friedr. Junker, Prof. am Realgymnasium und an der Realanstalt in Ulm. Mit 42 Fig. Nr. 146.

— — II: Integralrechnung. Von Dr. Friedr. Junker, Prof. a. Realgymnasium und an der Realanstalt in Ulm. Mit 89 Fig. Nr. 88.

— — — Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Realgymnasium und an der Realanstalt in Ulm. Mit 50 Fig. Nr. 147.

— **Niedere,** von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Mit 5 Fig. Nr. 53.

Arithmetik und Algebra von Dr. Herm. Schubert, Professor an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.

Arithmetik und Algebra. Beispielsammlung zur Arithmetik u. Algebra. 2765 Aufgaben, systematisch geordnet, von Dr. Herm. Schubert, Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.

Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neubearb. v. Dr. W. F. Wislicenus, Professor a. d. Universität Straßburg. Mit 36 Abbild. und einer Sternkarte. Nr. 11.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Dr. Walter F. Wislicenus, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 11 Abbild. Nr. 91.

Aufsatzentwürfe von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnasiums in Stuttgart. Nr. 17.

Baukunst, Die, des Abendlandes von Dr. K. Schäfer, Assistent am Gewerbemuseum in Bremen. Mit 22 Abbild. Nr. 74.

Bewegungsspiele von Dr. E. Kohlrausch, Professor am Kgl. Kaiser-Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbild. Nr. 96.

Biologie der Pflanzen von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

Biologie der Tiere I: Entstehung u. Weiterbild d. Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur v. Dr. Heinr. Simroth, Professor a. d. Universität Leipzig. Mit 33 Abbild. Nr. 131.

— **II:** Beziehungen der Tiere zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Professor an der Universität Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 132.

Brant. Hans Sachs und Johann Fischart nebst einem Anhang: Brant und Hutten. Ausgew. u. erläut. von Prof. Dr. Jul. Sahr. Nr. 24.

Buchführung. Lehrgang der einfachen u. dopp. Buchhaltung von Rob. Stern, Oberlehrer der Öff. Handelslehranst. u. Doz. d. Handelshochschule z. Leipzig. Mit vielen Formularen. Nr. 115.

Zur Beachtung!

1) Die Bücher sind zum Termin zurückzugeben oder es ist eine Verlängerung der Leihfrist zu beantragen.
2) Jedes entliehene Buch ist während der Leihzeit in einem Umschlage aufzubewahren und so auch der Bibliothek wieder zuzustellen.
3. Die Bücher sind in jeder Weise zu schonen. Das Anstreichen, Unterstreichen, Beschreiben und dgl. sind streng verboten. Zuwiderhandelnde können zum Ersatze des Buches verpflichtet werden. Auch werden ihnen in Zukunft andere Bücher nicht verabfolgt werden.
4) Beschädigungen und Defekte sind spätestens am Tage nach Empfange der Bücher zur Anzeige zu bringen.

Die Verwaltung.

lehrer in Osnabrück. Nr. 171.
Eisenhüttenkunde von A. Krauß, dipl. Hütteningen. I. Teil: Das Roheisen. Mit 17 Fig. u. 4 Tafeln. Nr. 152.

Geometrie d. Ebene u. d. Raumes, d. Different.- u. Integralrechn. v. O Th. Bürklen, Prof. am kgl. Realgymn. in Schw.-Gmünd. Mit 18 Fig. Nr. 51.

Sammlung Göschen Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Formelsammlung, Physikalische, von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.
Forstwissenschaft von Dr. Ad. Schwappach, Professor an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.
Fremdwort, Das, im Deutschen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.
Gardinenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.
Geodäsie von Dr. C. Reinhertz, Professor an der Technischen Hochschule Hannover. Mit 66 Abbild. Nr. 102.
Geographie, Astronomische, von Dr. Siegm. Günther, Professor a. d. Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
— **Physische,** von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
— siehe auch: Landeskunde. — Länderkunde.
Geologie v. Professor Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbild. und 4 Tafeln mit über 50 Figuren. Nr 13.
Geometrie, Analytische, der Ebene v. Professor Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 57 Figuren. Nr. 65.
— **Analytische, des Raumes** von Prof. Dr. M. Simon in Straßburg. Mit 28 Abbildungen. Nr. 89.
— **Darstellende,** v. Dr. Rob. Haußner, Prof. a. d. Techn. Hochschule Karlsruhe. I. Mit 100 Figuren. Nr. 142.
— **Ebene,** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit 111 zweifarb. Fig. Nr. 41.
— **Projektive,** in synthet. Behandlung von Dr. Karl Doehlemann, Prof. an der Universität München. Mit 85 zum Teil zweifarb. Figuren. Nr. 72.
Geschichte, Bayerische, von Dr. Hans Ockel in Augsburg. Nr. 160.
— **Deutsche, im Mittelalter** (bis 1500) von Dr. F. Kurze, Oberl. am Kgl. Luisengymn in Berlin. Nr. 33.
— **Französische,** von Dr. R. Sternfeld, Prof. a. d. Univers. Berlin. Nr. 85.
— **Griechische,** von Dr. Heinrich Swoboda, Professor an der deutschen Universität Prag. Nr. 49.
— **des alten Morgenlandes** von Dr. Fr. Hommel, Professor an der Universität München. Mit 6 Bildern und 1 Karte. Nr. 43.
— **Österreichische,** I: Von der Urzeit bis 1526 von Hofrat Dr. Franz von Krones, Professor an der Universität Graz. Nr. 104.
— — II: Von 1526 bis zur Gegenwart von Hofrat Dr. Franz von Krones, Prof. an der Univ. Graz. Nr. 105.
— **Römische,** neubearb. von Realgymnasialdirektor Dr. Julius Koch. Nr. 19.
— **Russische,** von Dr. Wilhelm Reeb, Oberlehrer am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.
— **Sächsische,** von Prof. Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.
— **Schweizerische,** von Dr. K. Dändliker, Professor an der Universität Zürich. Nr. 188.
— **der Malerei** siehe: Malerei.
— **der Musik** siehe: Musik.
— **der Pädagogik** siehe: Pädagogik.
— **der deutschen Sprache** siehe: Grammatik, Deutsche.
Gesundheitslehre. Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberrealschuldirektor in Freiburg i. B. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abb. u. 1 Taf. Nr. 18.
Gletscherkunde von Dr. Fritz Machacek in Wien. Mit 5 Abbild. im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.
Götter- und Heldensage, Griechische und römische, von Dr. Herm. Steuding, Professor am Kgl. Gymnasium in Wurzen. Nr. 27.

Sammlung Göschen Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Götter- und Heldensage, siehe auch: Heldensage. — Mythologie.

Gottfried von Straßburg. Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach u. Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höf. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Prof. am Kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Grammatik, Deutsche, und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schulrat Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.

— **Griechische**, I: Formenlehre von Dr. Hans Meltzer, Professor a. d. Klostersch. zu Maulbronn. Nr. 117.

— — II: Bedeutungslehre und Syntax von Dr. Hans Meltzer, Professor an der Klosterschule zu Maulbronn. Nr. 118.

— **Lateinische.** Grundriß der lateinischen Sprachlehre von Professor Dr. W. Votsch in Magdeburg. Nr. 82.

— **Mittelhochdeutsche.** Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Professor an der Universität Rostock. Nr. 1.

— **Russische**, von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 66.

— — siehe auch: Russisches Gesprächsbuch, — Lesebuch.

Handelskorrespondenz, Deutsche, von Prof. Th. de Beaux, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 182.

— **Französische**, von Professor Th. de Beaux, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 183.

Harmonielehre von A. Halm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.

Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Professor am Königlichen Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Hauptliteraturen, Die, d. Orients von Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. I. II. Nr. 162. 163.

Heldensage, Die deutsche, von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Prof. an der Universität Münster. Nr. 32.

— siehe auch: Götter- und Heldensage. — Mythologie.

Herder, Der Cid. Geschichte des Don Ruy Diaz, Grafen von Bivar. Herausgegeben und erläutert von Professor Dr. Ernst Naumann in Berlin. Nr. 36.

Hutten. Hans Sachs und Johann Fischart nebst einem Anhang: Brant und Hutten. Ausgewählt u. erläut. von Prof. Dr. Jul. Sahr. Nr. 24.

Integralrechnung von Dr. Friedr. Junker, Professor am Realgymn. und an der Realanstalt in Ulm. Mit 89 Figuren. Nr. 88.

— Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung von Dr. Friedrich Junker, Professor am Realgymn. und an der Realanstalt in Ulm. Mit 50 Figuren. Nr. 147.

Kartenkunde, geschichtlich dargestellt von E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule in Lussinpiccolo und F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm, neu bearbeitet von Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin. Mit 70 Abbildungen. Nr. 30.

Kirchenlied. Martin Luther, Thom. Murner, und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Professor G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Sammlung Göschen Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln und 2 Figuren. Nr. 114.

Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Professor der Geschichte an der Universität Berlin. Nr. 156.

Kompositionslehre. Musikalische Formenlehre von Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.

Körper, der menschliche, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rebmann, Oberrealschuldirektor in Freiburg i. B. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.

Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 10.

— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Kulturgeschichte, Deutsche, von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Künste, Die graphischen, von Carl Kampmann, Fachlehrer a. d. k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 3 Beilagen und 40 Abbildungen. Nr. 75.

Kurzschrift. Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einigungs-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lesestücken u. einem Anhang von Dr. Amsel, Oberlehrer des Kadettenhauses in Oranienstein. Nr. 86.

Länderkunde von Europa von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.

Länderkunde der außereuropäischen Erdteile von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 11 Textkärtchen und Profilen. Nr. 63.

Landeskunde des Königreichs Württemberg von Dr. Kurt Hassert, Professor der Geographie an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.

Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert. Kulturhistorische Erläuterungen zum Nibelungenlied und zur Kudrun. Von Professor Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. Mit 1 Tafel und 30 Abbildungen. Nr. 93.

Lessings Emilia Galotti. Mit Einleitung und Anmerkungen von Oberlehrer Dr. Votsch. Nr. 2.

— **Fabeln**, nebst Abhandlungen mit dieser Dichtungsart verwandten Inhalts. Mit Einleitung von Karl Goedeke. Nr. 3.

— **Minna v. Barnhelm.** Mit Anm. von Dr. Tomaschek. Nr. 5.

— **Nathan der Weise.** Mit Anmerkungen von den Professoren Denzel und Kraz. Nr. 6.

Licht. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gust. Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.

Literatur, Althochdeutsche, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schauffler, Professor am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.

Literaturdenkmale des 14. u. 15. Jahrhunderts. Ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Jantzen in Breslau. Nr. 181.

Literaturen, Die, des Orients. I. Teil: Die Literaturen Ostasiens und Indiens v. Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 162.

— — II. Teil: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken von Dr. M. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Nr. 163.

Literaturgeschichte, Deutsche, von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.

Sammlung Göschen — Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Literaturgeschichte, Deutsche, der Klassikerzeit von Dr. Carl Weitbrecht, Professor a. d. Techn. Hochschule Stuttgart. Nr. 161.

— **Deutsche, des 19. Jahrhunderts** von Dr. Carl Weitbrecht, Professor a. d. Technisch. Hochschule Stuttgart. I. II. Nr. 134. 135.

— **Englische,** von Dr. Karl Weiser in Wien. Nr. 69.

— **Griechische,** mit Berücksichtigung der Geschichte der Wissenschaften von Dr. Alfred Gercke, Professor an der Universität Greifswald. Nr. 70.

— **Italienische,** von Dr. Karl Voßler, Professor a. d. Universität Heidelberg. Nr. 125.

— **Römische,** von Dr. Hermann Joachim in Hamburg. Nr. 52.

— **Russische,** von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.

— **Spanische,** von Dr. Rudolf Beer in Wien. I. II. Nr 167. 168.

Logarithmen. Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches Rechnen in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert, Professor an der Gelehrtenschule d. Johanneums in Hamburg. Nr. 81.

Logik. Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Luther, Martin, Thom. Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

Magnetismus. Theoretische Physik III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

Malerei, Geschichte der, I. II. III. IV. V. von Dr. Rich. Muther, Professor an der Universität Breslau. Nr. 107—111.

Mathematische Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik von O. Th Bürklen, Professor am Königl Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 18 Fig. Nr. 51.

Mechanik. Theoret. Physik I. Teil: Mechanik und Akustik Von Dr. Gustav Jäger, Prof an der Univ. Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.

Meereskunde, Physische, von Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg Mit 28 Abbild. im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.

Meteorologie von Dr. W. Trabert, Dozent a. d. Universität u Sekretär d. k. k. Zentralanstalt für Meteorologie in Wien. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. · Nr. 54.

Mineralogie von Dr. R. Brauns, Professor an der Universität Gießen. Mit 130 Abbildungen. Nr. 29.

Minnesang und Spruchdichtung. Walther v. d Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Professor an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.

Morphologie, Anatomie u. Physiologie der Pflanzen. Von Dr. W Migula, Prof a d Techn. Hochsch. Karlsruhe. Mit 50 Abbild. Nr. 141.

Murner, Thomas. Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrh. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberl. am Nikolaigymn zu Leipzig. Nr. 7.

Musik, Geschichte der alten und mittelalterlichen, von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbild. und Musikbeilagen. Nr. 121.

Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre) v. Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149. 150.

Musikgeschichte des 19. Jahrhunderts von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164. 165.

Fortsetzung auf der 8. Vorsatzseite!

Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek

aus Sammlung Göschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden 80 Pfg.

Nr.

Astronomie von Möbius, neubearb. v. Prof. Dr. W. F. Wislicenus. Mit 36 Abb. und 1 Sternkarte 11

Astrophysik von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. Mit 11 Abb. 91

Astronomische Geographie von Prof. Dr. S. Günther. Mit 52 Abb. 92

Physische Geographie von Prof. Dr. S. Günther. Mit 32 Abb. 26

Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr. Mit Abb. und Karten 175

Meteorologie von Dr. W. Trabert. Mit 49 Abb. und 7 Tafeln 54

Klimalehre von Prof. Dr. W. Köppen. Mit 2 Abb. und 7 Tafeln 114

Physische Meereskunde von Dr. Gerh. Schott. Mit 28 Abb. und 8 Tafeln 112

Die Alpen von Prof. Dr. R. Sieger. Mit 19 Abb. und 1 Karte 129

Gletscherkunde von Dr. F. Machaček. Mit 5 Abb. und 11 Tafeln 154

Mineralogie von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 130 Abb. . . 29

Geologie von Prof. Dr. E. Fraas. Mit 16 Abb. und 4 Tafeln 13

Paläontologie von Prof. Dr. R. Hoernes. Mit 87 Abb. . . 95

Petrographie von Prof. Dr. W. Bruhns. Mit vielen Abb. . 173

Der menschliche Körper von E. Rebmann. Mit 47 Abb. und 1 Tafel 18

Urgeschichte der Menschheit von Prof. Dr. M. Hoernes. Mit 48 Abb. 42

Nr.

Völkerkunde von Dr. M. Haberlandt. Mit 56 Abb. . . . 73

Tierkunde von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 78 Abb. . . 60

Tierbiologie von Prof. Dr. H. Simroth. 2 Bände. Mit 34 und 35 Abb. . . . 131. 132

Schmarotzer und Schmarotzertum in der Tierwelt von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 67 Abb. 151

Die Pflanze v. Dr. E. Dennert. Mit 96 Abb. 44

Das Pflanzenreich von Dr. F. Reinecke und Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Fig. . . 122

Pflanzenbiologie von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abb. . 127

Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abb. 141

Die Pflanzenwelt der Gewässer von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abb. 158

Nutzpflanzen von Prof. Dr. J. Behrens. Mit 55 Abb. . . 123

Allgemeine und physikalische Chemie von Dr. Max Rudolphi. Mit 22 Abb. . . 71

Anorganische Chemie von Dr. J. Klein 37

Organische Chemie von Dr. J. Klein 38

Theoretische Physik I. Teil: Mechanik und Akustik von Prof. Dr. G. Jäger. Mit 19 Abb. 76

Theoretische Physik II. Teil: Licht u. Wärme von Prof. Dr. G. Jäger. Mit 47 Abb. . 77

Theoretische Physik III. Teil: Elektrizität und Magnetismus von Prof. Dr. G. Jäger. Mit 33 Abb. 78

Profil der Schwäbischen Alb.
(Zu Seite 77 u. f.)

Plattenkalk (Solnhofer Schiefer)
Korallenkalk
ε Marmor, Terebr. insignis
δ Kalk, Schwammkalk } Aspidoceraten (Inflaten)
γ Schwammkalk, Mergel, Kalkbänke } Rhynch. lacunosa, Oppelia, Perisphinkten
β Kalke mit Perisphinkten
α Terebr. impressa-Mergel, Schwammkalke
ζ A. ornatus (Tone)
ε A. macrocephalus (Eisenoolithe), A. Parkinsoni (Tone)
δ Ostreen-, A. Humphresianus- } Kalke
γ A. Sowerbyi, A. Gervilli u. Sauzei } Sandige Kalke
β Murchisonae-Sdst.
Opalinus-Tone (Br. J. α)
ζ Jurensis-, Radians- } Mergel
ε Posidonomya-Schiefer
δ Amaltheen-Tone
γ Terebrat. numismalis-Mergel
β Rarikostaten-, Oxynoten-, Tuneri- } Tone
α Ob. Arieten-Bk., Unt. Arieten-Bk., Angulaten-Bk., Psilonoten-Bänke.
Keuper

weißer Jura
brauner Jura
Lias

Sammlung Göschen

W. Jelka
Dr. phil.
April 1904

Geologie

in kurzem Auszug

für Schulen und zur Selbstbelehrung

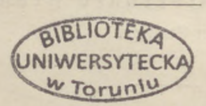
zusammengestellt von

Prof. Dr. Eberhard Fraas
in Stuttgart

Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit 51 Figuren

Dritte, verbesserte Auflage

Leipzig
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1903





Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.

Inhaltsverzeichnis.

Die Aufgaben der Geologie.

Die Geologie oder Erdgeschichte umfaßt alle Untersuchungsgebiete, welche sich mit unserer Erde befassen, und es ist daher schwierig, in einem so kleinen Raum alle wichtigen Punkte aus dieser Wissenschaft zusammenzudrängen. Es kann sich deshalb hier auch nicht um eine ausführliche Schilderung oder ein näheres Eingehen in einzelne Untersuchungsgebiete handeln, sondern es ist nur in möglichster Kürze ein Bild von den Aufgaben und den Resultaten der Geologie zu entwerfen.

Ein Gesamtbild von unserer Erde sich zu machen, ist sehr schwierig, denn dabei müssen nicht nur die pflanzlichen und tierischen Bewohner, die Verteilung von Festland und Meer in Betracht gezogen werden, sondern es knüpfen sich daran auch sofort die Fragen über die Zusammensetzung, den Aufbau und die Bildung der Erdoberfläche, sowie über die Entwickelung ihrer Bewohner. Alles das sind Fragen, welche in das Gebiet der Geologie fallen, und auf welche sie auch in vielen Fällen genügende und sichere Auskunft geben kann. Freilich gibt es auch eine Reihe von Problemen, auf welche nur mit Theorien und Hypothesen geantwortet werden kann; daß aber auch diese jetzt noch ungelösten Probleme in nicht mehr allzu langer Zeit eine befriedigende Erklärung finden, ist zu erwarten, denn unsere Wissenschaft ist eine sehr jugend-

liche, und täglich mehren sich die Resultate, welche einen Beitrag zu dem Gesamtbild der Erdgeschichte liefern.

Um der Aufgabe eines kurzen Überblickes gerecht zu werden, läßt sich das Thema folgendermaßen einteilen: Wir betrachten zunächst die Erde als Ganzes und dann die einzelnen Bestandteile, d. h. das Material, aus welcher sie besteht. Als nächste Fragen werden sich diejenigen über die Entstehungsweise dieses Materiales und die Verwendung desselben bei der Bildung der heutigen Erdoberfläche ergeben. Zum Schlusse muß sich sodann der eigentlich geschichtliche Teil anschließen, welcher von der Aufeinanderfolge der einzelnen Erdperioden und der Entwickelung der Tier- und Pflanzenwelt handelt.

Es wird nach der von Kant und Laplace aufgestellten Theorie angenommen, daß die Erde wie die anderen Planeten sich in gasförmigem Zustand von der Sonne abgelöst habe, um nun als selbständiger Weltkörper, aber immer noch in Abhängigkeit von ihrem Entstehungspunkt — der Sonne — im Weltraum zu schweben. Diese Annahme über den Ursprung der Erde ist zwar nur eine Hypothese, aber diese gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch eine Reihe von Erscheinungen, welche mit ihr in vollem Einklang stehen und die sich auf andere Weise kaum erklären lassen (Kreislauf der Erde um die Sonne, Verhältnis zu den anderen Planeten, Abplattung an den Polen).

Die ursprünglich gasförmige Kugel mußte sich schließlich im Weltraum von außen her abkühlen, und die ursprünglich gasförmigen Elemente begannen sich zu verbinden und in glutflüssigen Zustand überzugehen, bis auch dieser schließlich dem festen Zustande wich. So bildete sich die erste Erstarrungskruste der Erde, welche mit der Zeit immer mehr an Dichtigkeit zunahm. Über die Dicke der starren Erdkruste können wir zwar nichts Bestimmtes angeben, aber wir können anderseits

auch annehmen, daß die Erde noch keineswegs völlig erstarrt ist. Die glutflüssigen Lavamassen der Vulkane, die heißen Quellen und Geiser, wie die Beobachtungen in Bohrlöchern und Bergwerken, welche eine stetige Zunahme der Temperatur nach der Tiefe ergeben, beweisen uns mit Sicherheit, daß im Erdinnern noch Verhältnisse herrschen, unter denen die Gesteine sich in flüssigem, vielleicht sogar in gasförmig überhitztem Zustande befinden.

Die Erstarrung ging aber nicht ruhig in der Art vor sich, daß jedes Element für sich erstarrt ist, sondern sie war verbunden mit großartigen und komplizierten chemischen Vorgängen, als deren Endresultat uns jetzt die Mineralkörper entgegentreten. Die Untersuchung der Mineralien und ihrer Eigenschaften ist Aufgabe der Mineralogie und muß hier als bekannt vorausgesetzt werden.*) Unsere Aufgabe ist es dagegen, das gesetzmäßige Zusammentreten der Mineralbestandteile zu Gesteinen kennen zu lernen, um einen Überblick über das Material zu bekommen, aus welchem sich die Erdkruste aufbaut. Die Wissenschaft, welche sich mit der Gesteinslehre befaßt, ist die Petrographie. Ihre Untersuchungen werden teils auf chemischem, teils auf kristallographischem Wege durchgeführt, und zur Auflösung der Gesteine in ihre Mineralbestandteile dient vor allem das Mikroskop.**)

---

*) R. Brauns, Mineralogie. Sammlung Göschen Nr. 20.

**) Zu diesem Zwecke müssen von den Gesteinen sogen. Dünnschliffe, d. h. so dünne Plättchen angefertigt werden, daß sie vollständig durchsichtig sind, da eine bedeutende Vergrößerung unter dem Mikroskop nur bei durchfallendem, nicht wie bei der Lupe bei auffallendem Lichte möglich ist.

I. Abschnitt.

Das Material der Erdkruste.

(Gesteinslehre.)

Man unterscheidet unter den Gemengteilen der Gesteine wesentliche Bestandteile, d. h. solche, welche für den betreffenden Gesteinscharakter maßgebend sind und in demselben nie fehlen, und akzessorische Bestandteile, welche nur gelegentlich und auf Lokalitäten beschränkt in dem betreffenden Gestein vorkommen. Diese akzessorischen Bestandteile treten gewöhnlich in Form von Kristallen oder Körnern in dem Gestein auf, ballen sich häufig auch zu größeren Putzen zusammen und können unter Umständen in solcher Menge ausgebildet sein, daß sie die wesentlichen Bestandteile bei weitem überwiegen und so dem Gesteinstypus einen ganz verschiedenartigen Charakter aufprägen. Man bezeichnet solche Ausbildungen als Gesteinsvarietäten.

Wir können die Gesteine von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachten, indem wir entweder ihre Bildungsweise (Petrogenese) als Ausgangspunkt nehmen, oder indem wir sie auf ihre Zusammensetzung (Petrographie) prüfen. Im ersteren Falle erhalten wir 2 Hauptgruppen:

1. Gesteine von massiger Struktur, die als feuerflüssige Massen aus dem Erdinnern emporgedrungen sind, sog. Eruptivgesteine.

2. Mehr oder minder deutlich geschichtete Gesteine, die ihre Bildung auf wässerigem Wege durch Meeresablagerungen usw. durchgemacht haben — sogen. Sedimentärgesteine.

Der zweite (petrographische) Weg läßt uns 3 Gruppen von Gesteinen unterscheiden, welche natürlich teils Eruptivgesteinen, teils Sedimentärgesteinen angehören können:

1. Einfache Gesteine, die nur aus einer einzigen Mineralsubstanz bestehen.

2. Gemengte Gesteine, die aus einem Gemenge mehrerer Mineralsubstanzen zusammengesetzt sind.

3. Trümmergesteine (klastische Gesteine), welche zum großen Teile aus losen oder verkitteten Trümmern und aus erdigen oder sandigen Überresten anderer Gesteine gebildet sind.

Einfache Gesteine.

Tabelle der chemischen Zeichen und Atomgewichte.

Zum leichteren Verständnis mögen hier die wichtigsten Elemente und ihre chemischen Zeichen, wie sie im Texte angeführt sind, zusammengestellt sein:

		chem. Zeich.	Atomgew.			chem. Zeich.	Atomgew.
Wasserstoff	=	H	1	Kalium	=	K	39
Aluminium	=	Al	27,4	Kalzium	=	Ca	40
Antimon	=	Sb	122	Kobalt	=	Co	59
Arsen	=	As	75	Kohlenstoff	=	C	12
Barium	=	Ba	137	Kupfer	=	Cu	63,4
Blei	=	Pb	207	Magnesium	=	Mg	24
Bor	=	B	11	Mangan	=	Mn	55
Brom	=	Br	80	Natrium	=	Na	23
Chlor	=	Cl	35,5	Nickel	=	Ni	58
Chrom	=	Cr	52,2	Phosphor	=	P	31
Eisen	=	Fe	56	Platin	=	Pt	198
Fluor	=	Fl	19	Quecksilber	=	Hg	200
Gold	=	Au	197	Sauerstoff	=	O	16
Jod	=	J	127	Schwefel	=	S	32

	chem. Zeich.	Atomgew.		chem. Zeich.	Atomgew.
Silber	= Ag	108	Wismut	= Bi	210
Silizium	= Si	28	Wolfram	= W	184
Stickstoff	= N	14	Zink	= Zn	65
Strontium	= Sr	88	Zinn	= Sn	118
Titan	= Ti	50	Zirkonium	= Zr	89,6

Die in der Natur als Mineralien vorkommenden Verbindungen dieser Elemente hier aufzuzählen, liegt außerhalb des Rahmens unserer Geologie; sie sind in dem XX. Bande der Sammlung Göschen (R. Brauns, Mineralogie) behandelt, der sich ausschließlich mit der Mineralogie beschäftigt.

---

1. Eisgesteine.

Eis (Wasser H_2O). Das gefrorene Wasser und insbesondere das aus Schnee entstandene Gletschereis bildet sowohl wegen seines massenhaften Auftretens, als auch wegen seiner umwälzenden Kraft einen überaus wichtigen geologischen Faktor von der Diluvialzeit bis zur Jetztzeit.

2. Kieselgesteine.

Quarz (Kieselsäure SiO_2) ist an sich eines der häufigsten Mineralien, welches wesentliche Bestandteile der meisten kristallinischen Schiefer, der Granite, Quarzporphyre, Quarzdiorite, sodann der Sandsteine und der meisten Tonschiefer bildet. In großen Massen auftretend bildet der Quarz die sog. Kieselgesteine; hierher gehört der Quarzit, eine körnige bis dichte Quarzmasse, zum Teil wohl geschichtet, und der Kieselschiefer, meist schwarzes, dichtes, dünnschiefriges Quarzgestein, beide in den älteren Schiefern vorherrschend. Feuerstein, Hornstein, Jaspis sind nicht selten Begleiter der Kalkformationen; dazu treten noch aus der Gruppe der Opale oder Kieselsäure-Hydrate in den jüngeren Formationen die Absätze heißer Quellen, sog. Kieselsinter, und die durch Diatomeen gebildeten Polierschiefer und Kieselgure.

3. Eisenerze.

Die Eisenverbindungen treten in allen Gesteinen in großer Menge auf und verleihen denselben bei der Verwitterung meist die rostig braune Färbung. Manchmal bilden die Eisenerze mächtige Ablagerungen und sind deshalb als einfache Gesteine aufzuführen. Hierher gehört der Brauneisenstein ($_2Fe_2O_3 \cdot H_2O$) (Rasenerz und Bohnerz), Roteisenstein (Fe_2O_3), besonders häufig als mächtige Eisenoolithe entwickelt, Magneteisenstein (Fe_3O_4), teils in großen Lagen in den archäischen Formationen, teils als akzessorischer Bestandteil fast aller massigen Gesteine und der kristallinischen Schiefer. Spateisenstein und Toneisenstein, die kohlensaure Verbindung des Eisens ($FeCO_3$ mit Verunreinigungen durch Ca, Mg, Mn und Ton), findet sich bald in Gängen ausgeschieden, bald selbständige Stöcke bildend.

In ähnlicher Weise oder mit den Eisenerzen verbunden treten die Mangan- und Titanerze auf.

4. Salze (Chlorid- und Nitratgesteine).

Steinsalz (NaCl). Das Chlornatrium findet sich in allen sedimentären Formationen, wo es sich durch Verdunstung des Meerwassers niedergeschlagen hat.*) In der Regel ist es nicht

---

*) 1 Kilo Meerwasser enthält:

Chlornatrium	27,18	Chlorkalium . .	0,61
Chlormagnesium . . .	3,35	Brommagnesium	0,05
schwefelsaure Magnesia	2,27	doppelkohlens. Kalk	0.04
schwefelsauren Kalk . .	1,27		34,77 Gramm.

vollständig rein, sondern verunreinigt durch Ton und Anhydrit (Salzton), dazu treten in den oberen Lagen (z. B. Staßfurt) noch eine Reihe anderer Verbindungen, Chlorkalium oder Sylvin, Chlorkalzium und Chlormagnesium (Carnallit). Die Mächtigkeit der Salzlager ist oft eine ganz enorme; bei Sperenberg (unweit Berlin) über 1300 m, bei Wieliczka stellenweise über 1400 m.*)

Von großer technischer Wichtigkeit sind die Salpeter-Ablagerungen in den regenlosen Wüsten von Chile und Peru, welche Nitrate von Kali und Natron enthalten.

5. Karbonate.

Das häufigste Karbonat ist der kohlensaure Kalk ($CaCO_3$). Kalkspat und Kalkstein, welcher den größten Teil der Sedimentärformationen bildet. Je nach der Struktur und Verunreinigung durch Ton unterscheidet man eine Reihe von Varietäten. Marmor oder körniger Kalk tritt meist in den alten Formationen auf; gemeiner Kalkstein ist von sehr feinem Korn und gewöhnlich durch fremde Mineralsubstanzen (Ton, Kieselerde, Dolomit, Eisen und Bitumen) verunreinigt und gefärbt. Nach der Struktur läßt sich dichter, oolithischer

---

*) Die wichtigsten Lokalitäten für Steinsalz nach Formationen geordnet, sind (nach Credner):

Bildungen der Formation:	Lokalität:
Jetztzeit:	Wüstensalz der Kirgisensteppe, in Arabien, Chile, Seesalz am Toten Meer, am großen Salzsee (Utah).
Tertiär:	Cardona in Kastilien, Wieliczka und Bochnia in Galizien.
Kreide:	Westfälische Solquellen.
Jura:	Sole von Rodenburg a. Deister, Bex i. Kant. Waadt.
Keuper:	Lothringen.

(aus kleinen rundlichen Körnern zusammengesetzt, Rogensteine), poröser (Kalktuff) und erdiger (Kreide) Kalkstein unterscheiden. Im Kalkgestein finden sich am häufigsten und schönsten die Versteinerungen erhalten.

Dolomit. Verschiedenartige Mischung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Bittererde ($CaMgCO_3$). Auftreten weniger häufig als Kalkstein, aber in derselben Weise und mit diesem verbunden. Die porösen zelligen Varietäten heißen Rauchwacke.

6. Sulfate.

Anhydrit und Gips (wasserfreies und wasserhaltiges Kalziumsulfat, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Beide treten besonders in den tonigen Schichten auf und sind stete Begleiter des Steinsalzes. Auch hier herrschen meist Verunreinigungen durch Kalk, Ton, Eisen und Bitumen vor.

7. Phosphate.

Die Phosphate sind im allgemeinen selten, nur der phosphorsaure Kalk oder Apatit ($Ca_5Cl[PO_4]_3$) tritt in den meisten Gesteinen als akzessorischer Bestandteil auf, und ist in einzelnen Gegenden als Phosphoritgestein von großem technischen Werte.

Formation:	Lokalität:
Muschelkalk:	Oberes und unteres Neckargebiet, Ernsthall und Stotternheim (Thüringen).
Buntsandstein:	Hannover, Schöningen bei Braunschweig.
Zechstein:	Bei Gera, Staßfurt, Halle, Sperenberg, Segeberg (Holstein).
Karbon:	Durham, Bristol (Engl.), New River (West-Virgin.).
Devon:	Bei Winchell in Michigan.
Silur:	West-Virginia, Staat New York, Saginaw in Michigan, Provinz Ontario in Kanada.

8. Silikate.

Die außerordentlich formenreiche Gruppe der Silikate ist von besonderer Bedeutung für die gemengten Gesteine, da die meisten Mineralien der vulkanischen Gesteine zur Gruppe der Silikate zu zählen sind. Als selbständige einfache Gesteine können wir bezeichnen: Hornblendeschiefer, häufig in den kristallinischen Schiefergesteinen; Augitschiefer, wozu auch der in der Vorzeit zu Werkzeugen verarbeitete Jadeit gehört; Chloritschiefer, ein schuppig schiefriges Glimmergestein; Talkschiefer, vielfach zusammen mit dem Speckstein oder Topfstein vorkommend, und Serpentin, ein wasserhaltiges Magnesiumsilikat, das aus der Zersetzung von Olivin-Hornblende- oder Augitgesteinen hervorgegangen ist.

9. Kohlengesteine.

Organische Verbindungen. Diese finden sich ausschließlich in den sedimentären Formationen und sind aus der Zersetzung und Verkohlung von tierischen und pflanzlichen Überresten entstanden. Die organischen Verbindungen treten entweder als Kohlenwasserstoffe (Petroleum, Naphtha, Steinöl), meist als Imprägnierung erdiger Gesteine, oder als Harze (Bernstein, Kopal, Asphalt) oder auch als Kohlen auf. Die Kohlen entstehen aus Pflanzen, und wir können deren Bildung an den Torfmooren heute noch beobachten; je älter die Kohlenablagerungen sind, um so fester wird das Gestein und um so größer der Gehalt an Kohlenstoff. Die größten Kohlenablagerungen treffen wir in der Steinkohlenformation. Nach dem Gehalt an Kohlenstoff, der Festigkeit und dem Alter unterscheidet man Anthrazit, Steinkohle (Glanzkohle, Mattkohle, Grobkohle, Schieferkohle, Rußkohle, Faserkohle u. a.), Braunkohle und Torf.

Zusammenstellung
der hauptsächlichen Unterscheidungsmerkmale (nach Credner):

Kohlen-Gestein	Kohlenstoff-Gehalt	Härte	Spez. Gewicht	Strich	Erwärmte Kalilauge wird	Brennbar
Braunkohle	55—75	—	0,5—1,5	braun	tiefbraun	leicht
Steinkohle	75—90	2	1,2—1,5	braunschwarz	nicht od. hellgelblich braun	z. Teil leicht
Anthrazit	über 90%	2—2,5	1,4—1,7	grauschwarz	nicht gefärbt	nur bei starkem Luftzuge

Kohlen-Gestein	Erscheinungen beim Verbrennen		
Braunkohle	rußende Flamme	stark rauchend	brenzlich stinkend
Steinkohle	helle Flamme	stark rauchend	aromatisch bituminös riechend
Anthrazit	schwache oder gar keine Flamme	nicht rauchend	ohne Geruch

Gemengte Gesteine.

1. Eruptiv- oder massige Gesteine.

Name des Gesteines	Wesentliche Bestandteile	Struktur	Wichtige akzessorische Bestandteile	Gesteinsvarietäten
I. Ältere Eruptivgesteine.				
1. Granit	Orthoklas, Quarz, Glimmer	körnig	Plagioklas, Hornblende, Cordierit, Turmalin, Magneteisen, Titanit	Biotitgranit, Muskowitgranit, Granitit, Schriftgranit, Pegmatit, Granitporphyr
2. Quarz-Porphyr	Quarz, Orthoklas	porphyrisch	Plagioklas, Glimmer, Hornblende, Augit, Magnetit	Felsitporphyr (typischer Porphyr), Felsitpechstein (glasig)
3. Syenit	Orthoklas, Hornblende	körnig	Plagioklas Biotit, Magnetit, Titanit	Augitsyenit, Glimmersyenit, Syenitporphyr (porphyrisch)
4. Diorit	Plagioklas Hornblende	körnig	Glimmer, Augit, Quarz, Apatit	Normaler Diorit, Glimmerdiorit, Quarzdiorit (Tonalit), Porphyrit (porphyrisch)
5. Gabbro	Plagioklas, Diallag	grobkörnig	Magnetit, Olivin, Hypersthen	
6. Diabas (Grünstein)	Plagioklas, Augit	körnig (meist feinkörnig)	Magnetit, Titanit, Apatit, Orthoklas, Olivin	Porphyr. Diabas, Perldiabas (kugelige Ausbld.), Diabas-Mandelstein

Name des Gesteins	Wesentliche Bestandteile	Struktur	Wichtige akzessorische Bestandteile	Gesteinsvarietäten
7. Melaphyr	Plagioklas Augit	porphyrisch (blasige Gesteine)	Olivin, Magnetit, Apatit	Diabasporphyrit (ohne Olivin), Mandelsteine
II. Jüng. Eruptivgesteine.				
8. Trachyt	Orthoklas (Sanidin)	körnig und porphyrisch	Plagioklas, Hornblende, Augit, Biotit	Sanidintrachyt (porphyrisch), Quarztrachyt od. Liparit, Andesit (stark plagioklashaltig)
9. Phonolith	Sanidin, Nephelin	porphyrisch	Leucit, Hornblende, Augit, Biotit, Hauyn, Magnetit	Leucitophyr
10. Basalt	Plagioklas, Nephelin, Leucit } mit Augit, Olivin, Magnetit	körnig und porphyrisch	Hornblende, Biotit, Titanit, Hauyn, Melilith, Apatit	Dolerit (grob kristallisiert), Anamesit (feinkörnig), Feldspatbasalt, Nephelinbasalt, Leucitbasalt, Augitandesit (Plagioklas und Augit)
11. Vulkanische Gläser	Glas	glasig u. porphyrisch	Bestandteile vom Trachyt und Phonolith	Obsidian, Pechstein, Bimsstein (blasig).

2. Sedimentär- oder geschichtete Gesteine.

(Kristallinische Schiefergesteine.)

Name des Gesteins	Wesentliche Bestandteile	Struktur	Wichtige akzessorische Bestandteile	Gesteinsvarietäten
1. Gneis	Orthoklas, Quarz Glimmer (Biotit und Muskowit)	flaserig schiefrig	Granat, Plagioklas, Cordierit, Magnetit, Turmalin, Graphit, Hornblende	Granitgneis, Augengneis, Glimmergneis, Hornblendegneis, Cordieritgneis, Graphitgneis, Sericitgneis
2. Granulit	Feldspat, Quarz, Granat	körnig bis wohlgeschichtet	Biotit, Turmalin, Cyanit, Diallag	Biotitgranulit, Diallaggranulit (Trapp)
3. Amphibolschiefer	Hornblende	schiefrig	Quarz, Granat, Biotit, Magnetit	Strahlsteinschiefer
4. Eklogit	Granat, Augit (Omphacit)	grobkörnig	Glimmer, Hornblende, Quarz, Cyanit	Granatfels
5. Glimmerschiefer	Glimmer, Quarz	feinschiefrig	Granat, Turmalin, Talk, Chlorit, Magnetit	Granatschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer
6. Phyllit (Urtonschiefer)	Glimmer, Chlorit, Quarz, Feldspat, Rutil	feinschiefrig	Chiastolith, Turmalin, Hornblende Magnetit	Phyllitgneis, Chiastolithschiefer, Fleckenschiefer, Wetzschiefer

Trümmergesteine (klastische Gesteine).

I. Vulkanische Trümmergesteine.

1. Tuffe sind die bei den Eruptionen ausgeworfenen Massen, welche durch Wasser zu Schlamm zusammengebacken wurden. Sie schließen sich in ihrem Gesteinscharakter nahe an die betreffenden massigen Gesteine an. Hierher gehört: Porphyrtuff, Diabastuff (Grünsteintuff und Schalstein), Trachyttuff, Basalttuff.

2. Vulkanischer Schutt. Unter dieser Bezeichnung fassen wir alle die lose angehäuften Auswurfsmassen zusammen, welche sich besonders bei den jungen und den noch tätigen Vulkanen finden. Je nach Größe der Stücke unterscheidet man Aschen, Sande, Lapilli, Bomben und Blöcke.

II. Neptunische Gebilde.

3. Tongesteine. Diese umfassen die Umwandlungs- und Zersetzungsprodukte aus anderen, besonders den feldspatreichen Gesteinen. Sie zeichnen sich alle durch ein erdiges gleichmäßiges Aussehen aus. Zu ihnen stellt man das Kaolin oder die Porzellanerde; den Tonschiefer, Schieferton, Ton, Lehm und Löß. Der Mergel ist ein Gemenge von Kalk oder Dolomit mit Ton.

4. Sandsteine bestehen aus Quarzkörnern, welche durch Kiesel, Kalk oder Ton verkittet sind. Je nach dem Vorwiegen des einen oder anderen Bestandteiles spricht man von kieseligem, kalkigem, tonigem, dolomitischem usw. Sandstein. Arkose heißt ein aus granitischem Material entstandener Sandstein, in welchem noch Feldspat und Glimmer zum Quarze treten.

5. Konglomerat nennt man ein Gestein, welches aus verkitteten abgerollten runden Gesteinsstücken gebildet ist, während bei der

6. Breccie scharfkantige eckige Bruchstücke vorwiegen.

7. Sand, Kies, Geröll, Geschiebe sind die losen Anhäufungen der durch das Wasser oder Eis zertrümmerten Gesteine.

II. Abschnitt.

Die Entstehung der Gesteine.

(Petrogenetische Geologie).

A. Vulkanische Bildungen.

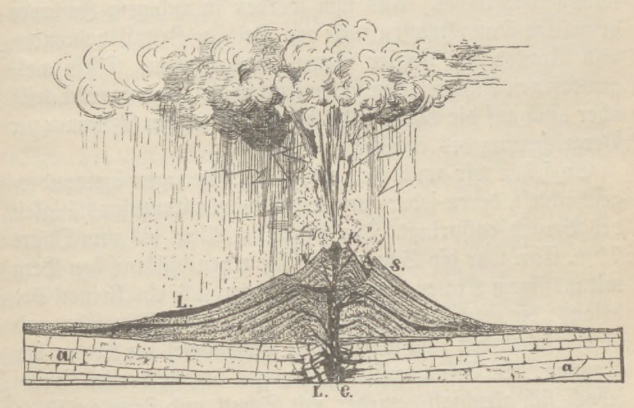
Bekanntermaßen können wir auf unserer Erde eine Reihe von tätigen Vulkanen beobachten, und es ist nun unsere Aufgabe, aus den Wahrnehmungen, welche wir an diesen machen können, Schlüsse auf die Bildungsweise derjenigen Gesteine zu ziehen, welche die größte Analogie mit den Eruptivmassen der Vulkane zeigen, und welche wir daher als Eruptivgesteine bezeichnen.

Wir gehen, wie schon angedeutet, bei unseren Betrachtungen von dem aus, was uns vor Augen liegt, und suchen uns über den Aufbau und das Wesen eines Vulkanes, über die Eruptionen, die sie begleitenden Erscheinungen und ihre wahrscheinlichen Ursachen Klarheit zu verschaffen, ein Thema, für das man den Ausdruck Vulkanismus eingeführt hat.

Der Vesuv. Derjenige Vulkan, welcher uns am nächsten liegt und durch seine klaren Verhältnisse und leichte Zugänglichkeit am meisten einladet, ist der Vesuv, den wir deshalb als Beispiel eines Vulkanes und zum Ausgangspunkt unserer Beobachtungen wählen.

Die ganze Gegend um Neapel bildet eine große Ebene, die sich nur wenige Meter über das Meer erhebt und welche von den Kalkbergen der Apenninen umschlossen wird. In dieser

Ebene erheben sich eine Reihe vulkanischer Berge, die in zwei Gruppen zerfallen, der Vesuv im Südosten und die Phlegräischen Felder im Nordwesten von Neapel; die ganze Ebene ist bedeckt von vulkanischen Aschen, die, vom Regen zu Schlamm zusammengebacken, ein festes Gestein, sogenannten Tuff bilden. Der Vesuv strebt anfangs in mäßiger Neigung



Idealer Durchschnitt durch den Vesuv.

a. Das Grundgestein (Apenninkalk). S. Der Tuffkegel des Monte Somma, mit alten Lavaströmen. A. Das Atrio del Cavallo (alter Sommakrater). V. Der Aschenkegel des Vesuv. K. Der Vesuvkrater mit dem Eruptionskegel (Bocca). C. Kanal mit empordringender Eruptivmasse. L. Lavagänge und Ströme.

empor, wird jedoch immer steiler, bis wir das Ringgebirge erreichen, das namentlich im Norden als Monte Somma noch wohl erhalten ist und bis zur Höhe von 1124 m emporsteigt. In nahezu senkrechtem Abfall stürzen die Wände von dort nach dem Innern des Ringes — dem Atrio del Cavallo — ab und bilden so einen ausgesprochenen alten Kraterrand. In diesem alten Krater der Somma erhebt sich nun steil anstrebend

der eigentliche Aschenkegel des Vesuvs bis zur Höhe von zirka 1300 m. Oben angelangt, sehen wir zunächst wieder einen gegen das Innere steil abstürzenden Kraterrand, den wir übersteigen, um uns schließlich dem kleinen eigentlichen Eruptionskegel — der Bocca — zu nähern, welcher wieder mit steil abstürzenden Wänden den Krater des eigentlichen Eruptionsherdes bildet. Aus ihm werden in ruhigem Zustande gewaltige Dampfmassen und von Zeit zu Zeit Lavabomben und Brocken mit großer Gewalt ausgestoßen. Diese ausgeworfenen Schuttmassen fallen teils in den Krater zurück, teils aber auch auf die Bocca selbst herab und tragen so immer zur Vergrößerung des Aschenkegels bei.

So sehen wir am Vesuv drei Berge sozusagen ineinandergeschachtelt, deren jeder einer verschiedenen Eruptionstätigkeit des Berges entspringt. Der Vesuv der Alten bis zum Jahre 79 n. Chr. war die Somma, welche einen vulkanischen Berg mit mäßigem Krater darstellte, in dem sich ein kleiner See befand; die gewaltigen Eruptionen im Jahre 79 n. Chr. und in der folgenden Zeit warfen den Aschenkegel im Krater der Somma, den Vesuv, auf, dessen gegen 500 m breiter Krater jedoch sich gleichfalls wieder mit Schutt und Lava ausfüllte und in den die heutigen kleinen Eruptionen wieder einen neuen Aschenkegel mit Krater aufgeworfen haben.

Das Gestein, aus welchem der Aschenkegel des Vesuv besteht, ist ein Haufwerk von losen Aschen, Sanden, Bomben und Blöcken und dazwischen mehr oder minder mächtigen Lavamassen, welche meist auf der Seite des Berges ausströmen und sich dann in raschem Flusse nach unten wälzen. An dem Abbruche der Somma gegen das Atrio bekommen wir klare Profile durch einen Teil des Berges; wir sehen den ganzen Berg aus schalenförmig übereinandergelegten Decken von fest verbackenen Aschen, sogenannten Tuffen, bestehen, von denen jede einer Eruption des Berges entspringt; in dem Aufrisse

zeigt sich uns daher das Bild einer ausgeprägten Schichtung. Massenhaft werden diese Tuffbänke durchbrochen von Lavagängen, welche sich dann deckenartig zwischen den einzelnen Schichten ausbreiten.

Aufbau eines Vulkanes. Kombinieren wir alle diese Beobachtungen, so können wir uns leicht einen idealen Durchschnitt durch den Berg konstruieren, wie er auf S. 23 dargestellt ist. Eine Bruchlinie im Untergrunde hat den vulkanischen Massen Gelegenheit geboten, aus der Tiefe emporzudringen; diese Bruchlinie bildet also den Kanal, der auch den ganzen aufgeworfenen Kegel durchsetzt und mit dem Krater endigt. Die vulkanischen Massen, welche ausgeworfen werden, sind verschiedener Natur; zunächst haben wir ungeheure Mengen von Aschen und Bomben, die den steilen Aschenkegel bilden. Nach dem Gesetz der Schwere sondern sich die hoch emporgeschleuderten Massen beim Herabfallen schichtenweise in gröberes und feineres Material, und da eine Eruption aus einer Kette von einzelnen Stößen besteht, so wird dementsprechend der Aschenkegel aus wohlgeschichteten Lagen aufgebaut sein. Zugleich mit diesen trockenen Gesteinsmassen sind aber die Eruptionen von großartigen Dampfentwicklungen begleitet, welche als wolkenbruchartige Regen niederstürzen, die Aschen in Schlammströme umwandeln und zu Tale führen; nach der Erstarrung bilden diese die vulkanischen Tuffe, welche ihrer Entstehung gemäß sich am Fuße des Kegels ausbreiten und zu einer Verflachung des Berges führen. Diese Aschen- und Dampfexplosionen gehen dem eigentlichen Ausbruch der feuerflüssigen Masse, der Lava, voran; sie sind es, welche gleichsam den Schlot gereinigt haben, in welchem die schwere Masse nach oben steigt. In der Regel erreicht jedoch die Lava den Kraterrand nicht, sondern zersprengt seitlich den Aschen- und Tuffmantel und bricht nun an der Seite des Berges aus. Erst ist die Lavamasse sehr dünnflüssig und schießt

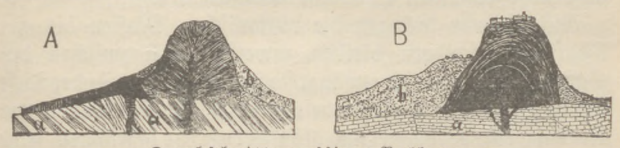
nun mit rasender Schnelligkeit als Lavastrom den Berg hinab, aber sehr bald wirkt die Abkühlung auf sie ein und als zäher Teig wälzt sich der Strom träge weiter, immer von weiteren nachschiebenden Massen gedrängt und überflutet. Ist das Terrain günstig, so breitet sich der Strom aus und bildet breite Lavadecken. Mit dem Ausbrechen der Lava ist die Gewalt der Eruption erschöpft und es tritt meist eine lange Pause ein, in welcher die Zerstörung des gebildeten Vulkanes durch die Verwitterung und Regenwasser rasch um sich greift. Die Ränder des hohlen oder mit lockeren Massen gefüllten Kanales stürzen in sich selbst zusammen und es bildet sich so der steil nach innen abfallende Kraterrand. Die inneren gestauten Gewässer durchnagen häufig die Kraterwand, in tiefen Schluchten (Barranco) wird der lockere Boden zu Tale geführt, und der ganze steile Aschenkegel geht rasch seiner Zerstörung entgegen. Nur die festeren Tuffe und die Lavaströme leisten mehr Widerstand.

Da folgt eine neue Eruption; die ganze Masse, welche den Kanal verstopft hat, wird mit großer Gewalt wieder hinausgeschleudert, neue Aschen aus der Tiefe kommen dazu, und bald erhebt sich im alten Krater ein neuer Vulkan und neue Lagen von Tuffen, Aschen und Lavaströmen werden abgelagert.

Stratovulkane. Das Endresultat ergibt schließlich einen Vulkan, wie ihn der Vesuv darstellt; man nennt diese aus einzelnen Lagen oder Schichten sich aufbauenden Vulkane Stratovulkane oder geschichtete Vulkane. Ihre Entstehung verdanken sie den unterbrochenen Eruptionen, welche begleitet und hervorgerufen sind durch Explosionenen von Wasserdampf. Der größte Teil der jetzt noch tätigen Vulkane gehört zu den Stratovulkanen und es ist eine nicht zu übersehende Erscheinung, daß diese Stratovulkane alle in der Nähe vom Meere oder von großen Binnenseen liegen, so daß mit Recht eine gewisse Abhängigkeit vom Wasser angenommen wird.

Die Zerstörung der aus lockerem Material aufgeworfenen Stratovulkane geht so rasch vor sich, daß wir uns nicht wundern dürfen, wenn dieselben uns aus früheren Erdperioden nur in geringer Anzahl erhalten sind, was jedoch keineswegs ausschließt, daß solche auch früher in größerer Menge vorhanden waren.

Massige Vulkane. Den geschichteten Vulkanen gegenüber stehen die massigen Vulkane. Diese entstehen gewöhnlich durch eine einmalige Eruptionstätigkeit des Vulkanes,



Durchschnitte massiger Vulkane.
A. Basaltkuppe und Basaltdecke mit Säulenabsonderung. B. Phonolithkegel (Hohentwiel) mit schalenförmiger Absonderung. a. Grundgestein. b. Tuffmantel.

so daß der ganze Berg einen gleichmäßig ungeschichteten Charakter zeigt. Auch hier beginnt die Eruption mit dem Auswerfen ungeheurer Aschenmassen, jedoch in solchen Mengen, daß dieselben nicht Zeit haben, sich beim Herabfallen zu schichten, sondern einen ungeschichteten Tuffkegel aufwerfen, in dem grobes und feines Material regellos aufgehäuft ist.

Die Lavamassen, welche im Kanal aufsteigen, sind jedoch nicht dünnflüssig, sondern dick breiartig, auch ist ihre explosive Kraft eine nur geringe. So kommt es, daß sie nur selten den Kraterrand überströmen, oder seitlich ausbrechen und sich dann in Strömen und Decken ausbreiten. Gewöhnlich erstarren sie schon im Kanale selbst und bilden so Gänge im Gestein, oder sie erreichen die Oberfläche und türmen sich dann zu Domvulkanen und Kuppen auf. Es ist dies eine für die tertiären Vulkane sehr charakteristische Form, die sich na-

mentlich bei den Basalten und Phonolithen häufig findet. Eine derartige Basaltgruppe stellt uns meist die Ausfüllung des bedeutend erweiterten Kraters dar, wobei der Tuffmantel im Laufe der Zeit abgewaschen wurde, so daß nur der massive Basaltkern übrig geblieben ist; zuweilen ist es aber auch zu gar keiner Außeneruption gekommen und in diesem Falle wurde die ganze Masse des Domvulkanes als zähe Eruptivmasse herausgequetscht und aufgetürmt, wie sich dies z. B. auch bei der letzten Eruption des Mont Pelé auf Martinique (1902) an dem sogenannten „Cone" beobachten ließ.

Nicht immer drängen die vulkanischen Massen bis zur Oberfläche, sondern bleiben zuweilen auch zwischen den Schichtengesteinen eingezwängt stecken. Derartige in der Tiefe erstarrte Vulkane wurden besonders häufig im Westen von Nordamerika beobachtet und als Lakkolithe bezeichnet. Eine ähnliche Erscheinung läßt sich aber auch bei vielen unserer alten vulkanischen Massen (Granit, Diorit usw.) feststellen und erklärt deren grobkörnige Struktur.

Maare. Eine weitere, besonders in der Eifel und Südwestdeutschland häufige Form vulkanischer Tätigkeit sind die Maare. Sie stellen sich als große, meist rundliche Löcher dar, die vielfach jetzt mit Wasser angefüllt sind, und rühren von einer gewaltigen einmaligen Explosion her, welcher keine weitere vulkanische Tätigkeit nachfolgte. Dem Maare entspricht nach der Tiefe zu ein „Schußkanal", der teils mit ausgeworfenen Aschen, teils mit von den Seitenwandungen hereingefallenem Material erfüllt ist.

Erstarrungserscheinungen. Bei der Erstarrung großer Massen machen wir stets die Beobachtung, daß, je nachdem die Masse rascher oder langsamer abkühlt, eine verschiedenartige Struktur entsteht und zwar derart, daß die Struktur um so feinkörniger wird, je schneller die Erstarrung erfolgt. So kommt es, daß die schnell erstarrten Laven glasige und feinkörnige,

die großen vulkanischen Kuppen porphyrische oder auch körnige Gesteinsausbildung aufweisen.

Außerdem geht die Erstarrung des Gesteines Hand in Hand mit einer Zusammenziehung der ganzen Masse, welche zu einer konzentrischen Schalenbildung führen kann, wie wir dies am schönsten bei den Phonolithen sehen. Dagegen zeigen die Basaltberge häufig eine sehr verschiedene Struktur. Wir finden sie nämlich in Säulen abgesondert, welche in ihrer regelmäßigsten Form einen sechseckigen Querschnitt zeigen und oft auf das zierlichste ausgebildet sind. Die Säulen sind im großen ganzen rechtwinklig zur Abkühlungsfläche orientiert, so daß wir in den regelmäßigen Domen eine Fächerstellung vom Kanal ausgehend bekommen, während sie in den Decken vertikal stehen. Diese Säulenabsonderung bei den vulkanischen Massen entsteht gleichfalls bei der raschen Erstarrung des Gesteins an der Oberfläche, und es wird als Grund hierfür gewöhnlich das Zusammenziehen (Kontraktion) des Gesteins beim Abkühlen angesehen; andrerseits wird aber auch auf die Ausdehnung (Expansion) hingewiesen, welche in dem Momente eintritt, wenn geschmolzene Massen in den festen Zustand übergehen, und welche gleichfalls zu einer Absonderung in Säulen führen kann.

Offenbar tritt die Absonderung in Säulen nur bei solchen Gesteinen ein, welche rasch und ohne bedeutenden Druck darüber lastender Massen erstarren, während bei langsamer Abkühlung eine gleichmäßige feste Masse gebildet wird. In den Gängen besonders der kristallinisch körnigen Gesteine läßt sich beobachten, daß die Ränder, sogenannte Salbänder, feinkörnig sind, während das Gestein nach innen zu immer grobkörnigere und pegmatitische Struktur annimmt. Ferner tritt bei manchen alten vulkanischen Gesteinen, besonders bei den Diabasen und Dioriten, noch eine kugelförmige Absonderung auf, die entweder darin besteht, daß das ganze vulkanische

Massiv sich in mächtigen konzentrisch schaligen Kugeln absondert, oder wir finden auch nur in dem körnigen Gestein, das dann gleichsam die Grundmasse bildet, die Kristall-Gemengteile in Kugelform gruppiert.

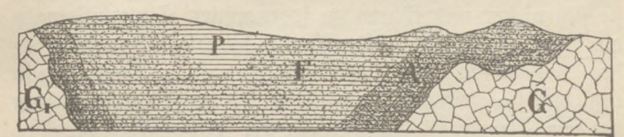
Einteilung der Vulkangesteine. Vergleichen wir die in der Erde auftretenden vulkanischen Gesteine miteinander, so läßt sich beobachten, daß die tertiären Basalte, Phonolithe und Trachyte sich am nächsten an die rezenten Laven anschließen, ebenso wie die sie begleitenden Tuffe eine analoge Bildungsweise anzeigen; wir bezeichnen sie daher als *neovulkanische Gesteine.* An sie schließen sich die *paläovulkanischen Gesteine* (Quarzporphyr, Melaphyr und Diabas) an, welche gleichfalls durch porphyrische Ausbildung, Glasbildung und Begleitung von Tuffen Verwandtschaft mit den jetzigen Bildungen zeigen, aber sich durch das Vorwiegen der Kieselsäure auszeichnen.

Diesen echt vulkanischen Gesteinen stehen die sogenannten *plutonischen Gesteine* gegenüber, welche zwar ihre eruptive Natur durch viele Merkmale verraten, aber doch von den echten vulkanischen Gesteinen vielfach abweichen. Zu ihnen gehören die Granite, Syenite, Diorite und Gabbro. Allen eigen ist die kristallinisch körnige Ausbildung, welche auf ein sehr langsames Erstarren hinweist. Man ist daher geneigt anzunehmen, daß die als plutonisch bezeichneten Gesteine von Eruptivmassen herrühren, welche als Lakkolithe unterhalb der Erdoberfläche unter dem hohen Druck der darauf lastenden Schichten oder in der Zeit der archäischen Formation unter unbekannten atmosphärischen Verhältnissen sehr langsam erkalteten, wobei es zur gleichmäßigen Kristallisation der Mineralien kommen konnte.

Begleiterscheinungen der Vulkane. Wir haben noch einiger anderer geologisch wichtiger Faktoren zu gedenken, welche mit den Vulkanen im Zusammenhang stehen. Wie schon

bemerkt, sind die vulkanischen Eruptionen begleitet von gewaltigen Dampf- und Gasexplosionen; diese Gasausströmungen dauern noch lange nach den Eruptionen fort und werden als *Solfataren, Mofetten* oder *Fumarolen* bezeichnet, je nachdem es Schwefel-, Kohlensäure- oder Wasserdämpfe sind, welche ausströmen.

Sowohl die bei dem Empordringen der glutflüssigen Massen entstandene Hitze, als besonders auch die Wasser- und Gasdämpfe bleiben natürlich nicht ohne Einwirkung auf das Nebengestein, und so sehen wir denn dieses in der Nähe der



Kontaktzonen bei Schneeberg im Erzgebirge.
G. Granit des Eibenstock-Massives. G_1. Granit von Oberschlema. P. Unveränderter Phyllit. F. Fruchtschiefer. A. Andalusit-Glimmerfels.

Eruptionsherde gewöhnlich umgewandelt. Man nennt diese Erscheinung *Kontaktmetamorphose,* und sie tritt besonders schön bei den alten Eruptivmassen auf, welche wir als plutonisch bezeichnet haben. Die nächste Wirkung der Hitze ist eine Verglasung, Frittung (Schmelzen), und Rösten des Nebengesteins, wobei sich dieses häufig wieder in Säulen absondert, wie die Gestellsteine eines Hochofens; Sandstein wird gefrittet, Braunkohle wird zu Steinkohle verkokt und Kalkstein in Marmor umgewandelt. Noch ausgedehnter und tiefgreifender sind die Wirkungen der heißen Dämpfe, welche die Kontaktzonen um den Eruptivstock schaffen; diese bestehen in einer Umkristallisierung und Umwandlung der Struktur der Nebengesteine. Wohlgeschichtete Phyllite und Glimmerschiefer werden in zonenweise um das Eruptivgestein gelagerte Andalusitfelsen,

Chiastolithschiefer, Frucht- und Knotenschiefer umgewandelt, und allenthalben treten in den Kontaktzonen neue Mineralien auf, welche später wieder vom Wasser verarbeitet und in mächtigen Erz- und Mineralgängen abgelagert werden können.

In naher Beziehung mit den Vulkanen stehen die heißen Quellen, Geiser und Schlammvulkane. Sie alle sind gebildet durch heiße Wasser, welche aus bedeutender Tiefe empordringen und infolge ihrer Hitze eine Menge Mineralsubstanzen, besonders Kieselsäure und Kalk, in gelöstem Zustande mit sich führen; beim Erkalten des Wassers schlagen sie sich nieder und führen zu sogenannten Sinterbildungen am Rande der Quelle. Überschreitet die Hitze des aufsteigenden Wassers nicht den Siedepunkt, oder ist die Quellröhre so eng, daß sie gleichmäßig gefüllt ist, so fließt das Wasser in stetigem Strome als heiße Quelle ab. Ist dagegen die Hitze des Wassers sehr groß, aber der Quelllauf so weit, daß das oben stehende Wasser abgekühlt wird, so gerät der Quellausfluß in Stockung, bis von unten so viel Hitze zugeführt ist, daß ein Kochen und damit verbundenes Aufwallen des Wassers entsteht; dies führt zu einer plötzlichen Eruption der Quelle, und man nennt daher diese Erscheinungen Springquellen oder Geiser. Bei den Schlammvulkanen wird mit Gas geschwängertes Wasser zusammen mit Schlammmassen ausgeworfen, letztere stammen jedoch nur aus dem tonigen und leicht löslichen Nebengestein.

Theorie der Vulkanbildung.

Zum Schlusse haben wir auch noch einen Blick auf die Hypothesen über den Ursprung und die Entstehung der vulkanischen Tätigkeit zu werfen. Man hat beobachtet, daß viele Vulkane auf Bruchlinien unserer Erdkruste,

sogenannten Verwerfungsspalten, liegen, welche, wie wir später sehen werden, die Erde allenthalben durchziehen. Hierauf stützt sich die Hypothese, daß diese Bruchlinien bis in das flüssige Erdinnere hinabreichen und daß die in die Spalten eingedrungenen Wasser (wir machten schon darauf aufmerksam, daß die jetzt tätigen Vulkane vielfach am Meere liegen) die Explosionen herbeiführen. Diese Theorie ist jedoch nicht anzuerkennen, da weder die Spalten und Brüche, noch viel weniger das Wasser in solche Tiefen eindringen kann. Außerdem widerspricht dem auch die Beobachtung, daß keineswegs alle Vulkane an Spalten gebunden sind, sondern daß es eine sehr große Menge von solchen gibt, bei welchen ein Zusammenhang mit Spalten nicht nachzuweisen ist.

Auch die Theorie, daß bei Verschiebungen in der Erdrinde Wärme erzeugt werde, welche die Gesteine zu Magma umzuschmelzen imstande ist, oder diejenige, daß durch die Spalten Druckverhältnisse ausgelöst werden, welche Gesteinsumschmelzungen mit sich bringen, hat wenig für sich und steht mit der Tatsache in Widerspruch, daß Vulkane auch unabhängig von Spalten auftreten. Man hat neuerdings (Stübel) die vulkanische Tätigkeit aus der zentralen glutflüssigen Magmamasse in peripherische Herde verlegt, welche gleichsam als Relikte in der Erstarrungskruste übrig geblieben sein sollen, und die Ursache der Explosionen wird teils in der Berührung mit Wasser, teils in der Ausdehnung dieser Herde in gewissen Stadien der Erstarrung gesucht.

B. Die Sedimentär-Gesteine und ihre Bildung.

So mannigfaltig uns auch der Charakter der vulkanischen Gesteine entgegentritt, so bilden diese doch einen nur sehr kleinen Bruchteil in der Zusammensetzung der Erdrinde

und werden weit überwogen von den Sedimentärgesteinen. Wie schon in der tabellarischen Übersicht angegeben, finden wir unter ihnen sowohl einfache Gesteine, wie Kalk, Gips, Steinsalz, Kohle, als auch gemengte Gesteine — sog. kristallinische Schiefer — und vor allem klastische Gesteine ausgebildet; unter letzteren sind besonders die Tone und Sandsteine wichtig. Fast allen diesen Gesteinen ist die Bildung auf wässerigem Wege eigen, welche sich durch die Ablagerung in geschichteten Bänken kundgibt.

Tätigkeit des Wassers.

Das Wasser ist ein ununterbrochen schaffendes Element auf der Erde, und sein Bestreben ist, möglichst auszuebnen. Ununterbrochen verarbeitet und zerstört es die Festlandsmassen und lagert sie wieder in den tieferen Lagen, besonders den Meeren ab. Diese Zerstörung geht teils auf chemischem Wege vor sich, da das Wasser einen großen Teil der Gesteine zu lösen imstande ist, teils auf mechanischem Wege, indem es das Material zertrümmert und als Kiesel oder Sand zu Tale führt. Bei der neuen Ablagerung sind meist sowohl die chemischen wie die mechanischen Eigenschaften des Wassers tätig, und es bilden sich dadurch die klastischen oder Trümmer-Gesteine. Der rein chemischen Tätigkeit entsprechen die einfachen Gesteine, der rein mechanischen Tätigkeit die losen Sande und Gerölle.

Kristallinische Schiefer.

So ungezwungen und leicht sich auf diese Weise eine Erklärung für die klastischen und einfachen Sedimentärgesteine ergibt, so schwierig ist es, eine Deutung der kristallinischen Schiefergesteine zu geben. Ihre ausgezeichnete Schichtung, das Führen von Geröllen und anderes verlangt mit Entschiedenheit eine sedimentäre Bildung. Andererseits aber

weichen sie in ihrer Zusammensetzung aus verschiedenen Mineralien so sehr von den späteren Bildungen ab und nähern sich darin den plutonischen Gesteinen, daß wir für sie eine andere Bildungsweise annehmen müssen. Es würde zu weit führen, auf die vielen Hypothesen einzugehen, welche hierfür aufgestellt worden sind, und es sei nur erwähnt, daß die einen die kristallinischen Schiefer als ursprünglich so entstanden annehmen, wobei überhitzte Wasserdämpfe und hoher Atmosphärendruck herbeigezogen wird (Diagenese). Die anderen dagegen, und diese Ansicht hat viel mehr Wahrscheinlichkeit, sehen in diesen Gesteinen nur ein Umwandlungsprodukt (Metamorphose) aus normalen Schiefergesteinen. Auch hierbei spielt der Druck und die dabei erzeugte Wärme die erste Rolle, wobei besonders darauf hingewiesen werden muß, daß die kristallinischen Schiefer sich immer in gestörten Lagerungen befinden, bei welchen starke Spannungen und Gebirgsdruck tätig waren.

Tätigkeit des Eises.

Wie das flüssige Wasser, so arbeitet auch das gefrorene Wasser oder Eis. Durch die Ausdehnung, welche das Wasser beim Gefrieren erleidet, zersprengt es das Gestein, in dessen feine Poren und Risse es eingedrungen ist. Großartig tritt uns die Tätigkeit des Eises bei den Gletschern entgegen. Das Gletschereis bildet sich aus dem Firnschnee, in welchem es durch den Druck der aufeinander lastenden Massen und durch die im Sommer durchsickernden Tagwasser sich zu Eis verfestigt. Da sich in den Schneeregionen der Berge fortwährend neues Eis bildet, so schiebt dieses die übrige Eismasse — den Gletscher — immer weiter talabwärts. Dieser Eisstrom arbeitet derart auf seinem Untergrunde, daß er kleinere Hindernisse abhobelt und zu Geröll verarbeitet, und man bezeichnet diese an der Sohle des Gletschers gebildeten Geröllablagerungen als Grundmoräne. Durch die gegen-

seitige Reibung dieser Gerölle und das Rutschen auf dem Untergrunde entstehen die Gletscherschliffe. Denselben Vorgang beobachten wir auf den Seiten des Gletschers; außerdem lagern sich dort die Schuttmassen ab, welche von den Seiten des Tales auf den Gletscher herabstürzen, und diese bilden die Seitenmoränen. Wie die Arme eines Baches vereinigen sich häufig zwei Gletscher, und dabei verschmelzen natürlich die beiden zusammentretenden Seitenmoränen zu einem nun in der Mitte verlaufenden Geröllhaufen — der Mittelmoräne.

Heutzutage finden wir in der gemäßigten Zone die Gletscher nur noch in den höchsten Berggegenden, während sie in den Polargegenden noch tief herab, zum Teil bis zum Meeresspiegel reichen. Schiebt ein Gletscher sich in das Meer hinein, so zerbröckelt er und schwimmt dann als Eisberg, von der Strömung getrieben, weiter. In diesen Gegenden beschränken sich die Gletscher aber nicht allein auf Gebirgstäler, sondern bedecken weite Strecken des Flachlandes; man bezeichnet solche Eismassen als Inlandeis.

Da wir auch in den gemäßigten Zonen weite Strecken mit den charakteristischen Gletscherbildungen, den gekritzten Geschieben und Moränen bedeckt finden, so nehmen wir an, daß in einer früheren Zeit, welche der jetzigen direkt voranging, auch bei uns eine viel größere Ausbreitung der Gletscher stattgefunden hat, und man bezeichnet diese Periode als die glaziale oder die Eiszeit.

Tätigkeit des Windes.

Neben dem Wasser und Eis spielt noch der Wind eine, wenn auch untergeordnete Rolle bei der Gesteinsbildung. Der Staub wird vom Winde fortgetragen und lagert sich dann wieder an anderen Orten ab. In Gegenden nun, wo die Windströmungen sehr gleichmäßige sind, können diese Ablagerungen, welche man Löß nennt, eine ganz bedeutende Mächtigkeit bekommen; besonders in China wurden solche von vielen hundert Metern durch Richthofen nachgewiesen. Auch bei uns finden sich in Menge Lößablagerungen, für welche eine äolische Bildung anzunehmen ist.



Gletscherlandschaft (Marzell und Schalfferner im Ötztal).
Im Vordergrund Moränenschutt, links Gletschertor, Gletscherbach, in der Mitte ein Gletschertisch, rechts die Seitenmoräne und abgeschrammte Felsen; auf dem Ferner Mittelmoräne und Seitenmoränen, im Hintergrunde am Muthmal-Kogel große Firnmulde und Seitengletscher.

Wir haben noch einen sehr wichtigen Faktor zu betrachten, der bei der Bildung der Sedimentärgesteine mitwirkt, nämlich die Tätigkeit des organischen Lebens.

Tätigkeit der Organismen.

Die oben nur kurz erwähnte chemische Tätigkeit des Wassers und die Niederschläge einfacher Gesteine werden meistens vermittelt durch Pflanzen oder Tiere, so vor allem die Nieder-

schläge des kohlensauren Kalkes und die Bildung der Kalkgesteine. Die Pflanzen entziehen dem im Wasser gelösten doppelkohlensauren Kalk einen Teil der Kohlensäure, welche sie selbst wieder in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegen. Der so entstandene, schwerer lösliche kohlensaure Kalk schlägt sich im Wasser nieder und bildet eine Kalkablagerung, der Sauerstoff geht in die Luft und das Wasser, wirkt wieder oxydierend und gibt so dem Wasser neue Angriffspunkte zur Zerstörung; der Kohlenstoff schließlich wird von den Pflanzen aufgespeichert und kann unter günstigen Bedingungen zur Kohlenablagerung führen.

Nicht nur in den Quellen, wo wir die Kalkniederschläge als Tuff am schönsten beobachten können, geht dieser Prozeß vor sich, sondern er spielt auch im Meere eine große Rolle.

Während wir so eine indirekte gesteinbildende Kraft der Pflanzen kennen gelernt haben, finden wir auch Ablagerungen, welche direkt durch Pflanzen- und Tieranhäufungen gebildet sind. Hierher gehören vor allem die schon Seite 16 erwähnten Kohlenablagerungen, sodann der von mikroskopisch kleinen Pflänzchen — den Diatomeen — gebildete Kieselgur. Diese Pflanzen bilden sich aus der im Wasser gelösten Kieselsäure zierliche Skelette, welche zum Teil nur $^1/_{300}$ mm Länge haben, aber in solchen Massen auftreten, daß sie Schichten von vielen Metern Mächtigkeit aufbauen. Derartige Bildungen, an denen sich in erster Linie Pflanzen beteiligen, nennt man phytogene Gesteine, ihnen werden die zoogenen Gesteine gegenübergestellt, welche ihre Entstehung den Tieren verdanken.

Die Tiere wirken in ähnlicher Weise wie die Pflanzen, teils indirekt durch den Verbrauch von Sauerstoff und die bei ihrer Verwesung entstehenden Verbindungen, teils direkt durch die Verwendung der im Wasser gelösten Mineralsalze zum Bau von Kiesel und Kalkschalen. Namentlich sind es die niederen, im Meere oft in unzähligen Massen lebenden Tierchen, welche trotz ihrer geringen Größe Schichten von großer Mächtigkeit aufbauen. So finden wir einen Teil der Kreide und eine Menge anderer Kalk- und Kieselgesteine erfüllt von den zierlichsten mikroskopischen Gebilden, welche meist von Urtierchen aus den Geschlechtern der Foraminiferen und Radiolarien stammen; andere Schichten setzen sich aus den Kieselnadeln der Seeschwämme oder Spongien zusammen. Die Tätigkeit der Korallentiere können wir heute noch im Meere beobachten; sind doch diese kleinen Tierchen imstande, ganze Inseln und Riffe aufzubauen, eine Tätigkeit, welche freilich mehr den jetzt lebenden Korallen als denen der alten Erdperioden zukommt. Unter den Strahltieren oder Echinodermen sind die Krinoiden oder Seelilien zu erwähnen, welche in den alten Formationen oft die mächtigsten Kalkablagerungen erfüllen. Auch die Schalen der Muscheltiere sind bisweilen in solchen Massen zusammengeschwemmt, daß sie das ganze Gestein zusammensetzen. Je höher die Tiere entwickelt sind, desto mehr nehmen sie an Massenhaftigkeit ab, so daß wir zwar hie und da noch Massenanhäufungen treffen, ohne diesen Tieren jedoch einen eigentlichen gesteinbildenden Charakter zuschreiben zu können.*)

Vergleichen wir die vulkanischen Bildungen mit den Sedimentärbildungen, so sehen wir, daß durch erstere neues Material aus der Tiefe der Erde nach der Oberfläche geschafft wird, während die Sedimentablagerungen weiter gar nichts darstellen, als eine fortwährende Umarbeitung und lokale Veränderung des an der Oberfläche schon vorher vorhandenen Materiales. Der Vulkanismus wirkt demnach in vertikaler, das Wasser in horizontaler Richtung auf unsere Erdoberfläche.

*) Vergl. Sammlung Göschen Nr. 95, Paläontologie von Dr. R. Hörnes.

III. Abschnitt.

Die Bildung der Erdoberfläche.

(Dynamische Geologie.)

Nachdem wir das Material kennen gelernt haben, das unsere Erdkruste zusammensetzt, bleibt uns noch die Aufgabe übrig, zu untersuchen, unter welchen Umständen die Bildung der Erdoberfläche mit ihren Bergen und Tälern vor sich gegangen ist. Die Sedimentärgesteine sind aus Niederschlägen des Wassers gebildet und darum ursprünglich in horizontalen Schichten abgelagert, demungeachtet sehen wir sie aber zum größten Teile in schräger Stellung auftreten und müssen deshalb annehmen, daß nach der Ablagerung noch weitere Veränderungen in örtlicher Beziehung (Dislokationen) vor sich gegangen sind. Zu demselben Resultate führt uns die Beobachtung, daß wir auf den höchsten Berggipfeln in den Gesteinen Versteinerungen finden, welche für eine Tiefseeablagerung sprechen; wo also jetzt ein hoher Berg steht, mußte früher tiefes Meer gewesen sein. Da nun kaum denkbar ist, daß früher auf der Erde wesentlich mehr Wasser vorhanden war, als jetzt, so sind derartige Erscheinungen nur durch ein mit bedeutenden Niveauveränderungen verbundenes Schwanken der Erdoberfläche zu erklären.

Kontraktion der Erdrinde.

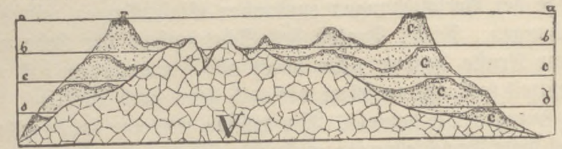
Wir gehen wieder von der Hypothese aus, daß die Erde aus einem ursprünglich gasförmigen, dann feuerflüssigen Zustand erstarrt ist. Mit dieser Erstarrung ging natürlich auch eine Zusammenziehung, eine Verringerung des Volumens Hand in Hand. Von der Zeit ab, da sich um die Erde eine starre Kruste gebildet hatte, traten in diesem Mantel ganz ab-

norme Spannungsverhältnisse auf, da der Mantel zwar das Bestreben hatte, sich dem inneren Kerne anzulegen, der immer mehr zusammenschrumpfte, aber durch seine Starrheit daran verhindert wurde. Schließlich mußte es zu einem Brechen und Verschieben in dem Mantel kommen, um die Wölbung zu verringern; einzelne Teile schoben sich übereinander, andere wurden quer gestellt, und dadurch ergab sich für weitere Massen Platz, um abzusinken. Das Bild des ursprünglich gleichmäßigen Mantels wurde nun ein sehr verworrenes, die Oberfläche wurde bedeckt mit Sprüngen und Rissen, und infolge der Verschiebungen entstanden Einsenkungen und Erhöhungen. Dieser Prozeß des Schrumpfens der Erde und ihrer Kruste dauerte aber durch alle Formationen bis zur Jetztzeit fort, und so sehen wir auch heute noch dieselben Erscheinungen wie damals. Wir müssen uns nur davor hüten, uns diese Verschiebungen ruckweise und katastrophenartig zu denken, sondern sie gehen so langsam und gleichmäßig vor sich, daß sie sich in den meisten Fällen unserer direkten Beobachtung vollständig entziehen.

Man bezeichnet diese langsamen Verschiebungen als säkulare Hebungen und Senkungen, da es vieler Jahrhunderte bedarf, bis ihre Spuren auffällig werden. Diesen Bewegungen unterliegen ganze Kontinente ziemlich gleichmäßig, und dies erschwert natürlich sehr die Beobachtung; doch bleiben uns in den Veränderungen der Küsten, menschlichen Wohnstätten, die jetzt unter dem Meeresspiegel liegen, den merkwürdigen Bauten der Korallenriffe, ferner echten Meeresbildungen hoch über dem jetzigen Meeresniveau und anderen Erscheinungen noch genügende Beweise, daß eine fortwährende Veränderung in dem Verhältnis von Meer und Festland stattfindet. Als Beispiel von Hebungen mag die schwedische Küste angeführt sein, wo die Hebung auf Grund von eingeschlagenen Wassermarken in einem Jahrhundert bis zu 1,36 m

betragen hat. Als Beispiel kontinentaler Senkung dient am besten Polynesien mit der kontinentalen Tierwelt, die wir dort finden, und den großen Korallenbauten.*)

Welche weitgehenden Veränderungen solche kontinentale Verschiebungen mit sich bringen, lernen wir erst kennen, wenn wir die geologischen Perioden in Betracht ziehen; ganze Weltteile, welche jetzt Festland sind, waren früher überflutet, und in einzelnen Fällen können wir noch auf das klarste das langsame Vordringen des Meeres über das alte Festland in geologischen Perioden nachweisen (Transgression).



Korallenriff-Bildung.

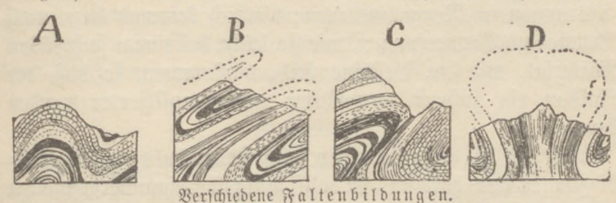
V Vulkanischer Berg im Sinken begriffen. C Die Korallenriffe um denselben. b—b, c—c, d—d Verschiedene Meeresfläche und die damit verbundenen Stadien in der Entwicklung des Riffes. a—a Heutiger Standpunkt, in welchem das Korallenriff nur noch eine Atoll bildet.

Gebirgsbildung.

Wie die großen Erdmassen im ganzen, so unterliegen auch wieder die einzelnen Teile einer Verschiebung und Veränderung ihrer ursprünglichen Lage. An einzelnen Punkten muß es

*) Die riffbildenden Korallen leben nur in geringer Tiefe unter dem Meeresspiegel; nun finden wir aber Riffe, die bis zu bedeutender Tiefe hinabreichen; dies ist nur dadurch erklärlich, daß der Boden früher nur wenige Meter unter dem Meeresspiegel lag, auf dem sich die Korallen ansiedelten. Durch fortdauernd langsames Sinken des Untergrundes wurden die Korallen gezwungen, immer wieder auf den alten abgestorbenen Stöcken aufzubauen, um nicht mit in die Tiefe zu sinken. So entstehen die Korallenriffe und Koralleninseln.

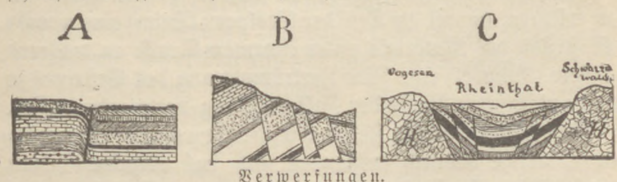
zu einem Ausgleich des übermäßigen Druckes kommen, und dort werden nun die Massen entweder zusammengeschoben und emporgehoben, oder auch es hat sich Platz gebildet, um ein Zusammenbrechen und Versinken einzelner Schichten zu ermöglichen. In beiden Fällen bilden sich Unebenheiten auf



Verschiedene Faltenbildungen.

A Falte mit Faltensattel und Faltenmulde. B Liegende Falte. C Verschobene Falte. D Fächerstellung der Falte.

der Erde, die uns als *Gebirge* entgegentreten. Je nach der vorwiegenden Struktur derselben unterscheiden wir Faltengebirge oder Bruchgebirge. Die *Faltengebirge*, deren schönstes Beispiel unsere Alpen*) bieten, treten uns immer als



Verwerfungen.

A Einfacher Bruch mit geschleppten Schichten an den Bruchrändern. B Staffelbruch. C Grabenversenkung mit Horsten (H).

*) Die Alpen sind in ihrem zentralen Teile mehr oder minder in Fächerfalten gestellt, daran reiht sich nach außen ein System von komplizierten liegenden Falten, welche in ruhigere einfache Falten auslaufen. Der ganze äußere Teil ist von Spalten und Verwerfungen so durchsetzt, daß dieses Gebiet oft mehr den Eindruck eines Bruchgebirges als eines Faltengebirges macht.

langgezogene Kettengebirge entgegen; ihre Struktur erinnert uns an einen Stoß Papier, den wir von der Seite gleichmäßig zusammengedrückt haben und der nun vollständig gefältelt und zerknittert ist. Im großen ganzen verlaufen natürlich die Falten rechtwinklig zur Druckrichtung, doch können auch lokale Störungen in Menge auftreten; vielfach kommen dazu noch Brüche und Verwerfungen, wie sie leicht bei einem so spröden Material, wie die Gesteine sind, vorkommen, so daß der Aufbau ein äußerst verwickelter und komplizierter werden kann.

Die Schichtenfaltungen selbst stellen bald einfache Aufbiegungen dar, bald sind sie vollständig übereinandergeschoben (liegende Falten), bald mit einer Bruchlinie verbunden und verzerrt (geschleppte Falten), oder wir finden auch die Schichten in Fächerstellung aufgerichtet.

Die Faltung der Gesteine geht besonders bei den Schiefergesteinen bis in die kleinsten Teile und wird dann als Fältelung bezeichnet.

Um eine derartige Faltung des sonst so spröden Materials zu erklären, nimmt ein Teil der Geologen (Heim) eine gewisse Plastizität des Materials unter enormem Drucke an, während andere (Gümbel) eine feine Zertrümmerung des Gesteines zu einer plastischen Masse der Faltenbildung vorangehen lassen.

Den Faltengebirgen stellen wir die Bruchgebirge gegenüber, welche dadurch entstanden sind, daß einzelne Gebiete aneinander abgesunken sind, wobei es zu Brüchen oder Verwerfungslinien kam. Das Abgleiten kann in großen Tafeln geschehen, wir sprechen dann von Tafelbrüchen, oder ein treppenförmiges sein (Staffelbruch); bald ist der Bruch nur auf einer Flanke erfolgt, bald sehen wir das Gebiet an beiden Flanken abgesunken (Grabenversenkung). Die Gebiete, welche zwischen den abgesunkenen Schollen stehen bleiben, werden als Horste bezeichnet.

Bei dem Kapitel über Gebirgsbildung haben wir uns auch der vulkanischen Kräfte zu erinnern, welche gleichfalls imstande sind, hohe Berge emporzuwerfen. Wir haben schon erwähnt, daß die Vulkane zum Teil an große Bruchlinien gebunden sind; aber sie bilden nie die Ursache einer Zersprengung des Bodens, sondern der Bruch muß zuerst vorhanden sein und der Eruptionsmasse Gelegenheit zum Emporbringen geben. Auf diese Weise entstehen die vulkanischen Gebirge.

Erdbeben.

Bei dieser Gelegenheit müssen wir einer Erscheinung Erwähnung tun, welche sowohl die vulkanischen wie die tektonischen Gebirgsbildungen begleitet, nämlich der Erdbeben.*) Die Erdbeben bestehen in Schwankungen und Stößen des Erdbodens, welche von einem Zentrum ausgehen und sich von dort aus wie die Wellen auf einem Wasserspiegel, in welchen man einen Stein geworfen hat, fortpflanzen. Die Erdbeben werden bewirkt durch Erschütterungen im Inneren des Erdbodens, und diese finden ihre Erklärung zum großen Teile in plötzlichen ruckweisen Verschiebungen oder einem Brechen und Verstürzen der Schichten. Es erfolgt also hier infolge allzu großer Spannung der Vorgang sehr plötzlich, welcher sonst nur sehr langsam und unmerkbar vor sich geht. Man bezeichnet diese Art von Erschütterungen als tektonische Erdbeben, sie zeichnen sich in der Regel durch lange Dauer und weite Verbreitung aus.

Andererseits bewirken natürlich auch die andringenden Dampf- und Feuermassen der Vulkane, welche bemüht sind, die auf ihnen lastende Decke zu durchbrechen, unter Umständen gewaltige Erschütterungen, welche als vulkanische Erd-

*) Vergl. Sammlung Göschen Nr. 26, Physikalische Geographie von S. Günther.

beben zu bezeichnen sind. Sie beschränken sich nur auf die Umgegend der tätigen Vulkane, und das Erdbebenzentrum für sie ist der Kanal des Vulkanes, der im Begriffe ist, zu explodieren.

Kleinere lokale Erdbeben, sog. Einsturzbeben, entstehen zuweilen infolge von Unterhöhlung des Bodens durch Wasser und Nachstürzen der darüber liegenden Gesteine. Sie sind jedoch von keiner weiteren Bedeutung und mögen nur der Vollständigkeit halber Erwähnung finden.

Das Wasser und seine Arbeit.

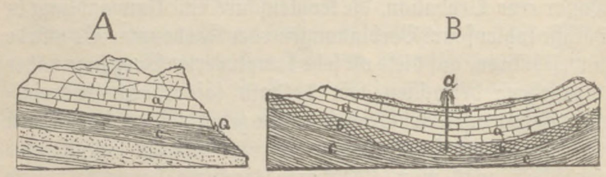
Dem ununterbrochenen Kreislauf auf unserer Erde unterliegt, wie wir schon bei der Bildung der Sedimente gesehen haben, auch die feste Materie der Gesteine. In unermeßliche Höhen würden sich unsere Falten und Bruchgebirge auftürmen, wenn nicht eine zerstörende und ausgleichende Kraft mit ihnen nahezu gleichen Schritt halten würde; es ist dies die Tätigkeit des Wassers. Wir haben das Wasser bei der Sedimentbildung als schöpferische Kraft gesehen, hier bei der Betrachtung der Gebirgsbildung tritt es uns als zerstörende Kraft entgegen, und zwar in seinem chemischen wie mechanischen Wirken.

Kaum hat das Wasser als Regen den Boden berührt, so beginnt auch schon die Zerstörung und das Bestreben, wieder zum Meere zurückzueilen. Der Weg, den es hierbei einschlägt, ist ein doppelter: der eine Teil fließt auf der Oberfläche weg und führt dabei alle Hindernisse mit sich, welche sich ihm in den Weg stellen, seine Tätigkeit ist also eine mechanische; ein anderer Teil dringt in die Tiefe ein und wirkt dort durch Zersetzung der Gesteine auf chemischem Wege. Wir wollen zunächst diesen Prozeß etwas eingehender verfolgen.

Durch die Kohlensäure, welche das Wasser beim Durchsickern der Humusdecke aufnimmt, wird es befähigt, in mehr oder minder energischer Weise auf sämtliche Gesteine zersetzend einzuwirken. Einzelne Gesteine, wie Kalk, Dolomit, Gips und Steinsalz, werden direkt aufgelöst und als Lösung fortgeführt; wir haben schon gesehen, wie diese Mineralien später, wenn das Wasser seiner Kohlensäure verlustig geht, wieder als neue Sedimente abgelagert werden (Seite 38). Andere Mineralien, wie die Silikate und wasserfreien Mineralien, müssen erst in lösliche wasserhaltige Mineralien umgewandelt werden. So wird der Anhydrit in Gips, die meisten Silikate in Ton umgewandelt und dann gelöst; ebenso bewirkt der Sauerstoff im Wasser eine Oxydation, die Kohlensäure eine Umwandlung in lösliche kohlensaure Verbindungen oder Karbonate. Es würde zu weit führen, auf diese oft sehr komplizierten Vorgänge näher einzugehen; betrachten wir deshalb sofort das Endresultat, welches zweierlei Erscheinungen zeigt. Einerseits werden die Gesteine der Oberfläche zersetzt und in leicht lösliche umgewandelt, was man als Verwitterung bezeichnet. Die vielen Sprünge und Risse des Bodens bilden natürlich die Angriffspunkte, und so sehen wir von diesen die Verwitterung ausgehen und um sich greifen. Andererseits werden die einsickernden Wasser von gelösten Mineralsalzen geschwängert und können nun als Mineralquellen wieder zu Tage treten. Es erfolgt dann die Neuablagerung an der Oberfläche, oder aber in den tiefen Spalten der Gesteine und führt dort zu Bildungen von Mineralgängen in der Tiefe. Dort finden wir die in den Nebengesteinen mikroskopisch fein enthaltenen Erze in größeren Mengen zusammengetragen, so daß sich ein Bergbau auf dieselben lohnt. Stößt das eingesickerte Wasser in der Tiefe auf leicht lösliche Gesteine, so wäscht es diese aus und es entstehen unterirdische Hohlräume oder Höhlen. Häufig werden diese so groß, daß sie wieder in sich selbst zusammenstürzen und so zu den schon erwähnten Einsturzbeben führen.

Bei der vielgestalteten Zusammensetzung der Erdkruste stößt das Wasser in der Tiefe häufig auf Schichten, welche es weniger leicht durchsickern lassen als andere, und es sieht sich dann gezwungen, auf dieser Schicht hinzufließen. Streicht die undurchlässige Schicht an der Oberfläche aus, so dringt auch das Wasser auf einem Spalt heraus und es entsteht eine Quelle.

Wir können auch Quellen erbohren, indem wir den Spalt künstlich schaffen, in welchem dann das Wasser nach dem Prinzip kommunizierender Röhren emporsteigt. Hierauf beruht auch die Erscheinung der artesischen Brunnen (siehe Figur B).



Quellbildungen.
A Quelle durch schiefe Stellung der Schichten hervorgerufen. B Artesischer Brunnen: a wasserdurchlässige, b wasserführende, c undurchlässige Schicht. Q Quelle.

Die mechanische Tätigkeit des Wassers sowohl in seiner flüssigen wie in seiner festen Form als Eis haben wir schon früher besprochen. Sie besteht in einem Hinwegräumen aller lockeren Hindernisse, welche sich seinem Laufe in den Weg stellen, und man bezeichnet diese Tätigkeit als Erosion. Auch hier dienen als Angriffspunkte zuerst die zahllosen Sprünge und Risse des Gesteins, welche immer wieder vergrößert und erneut werden, so daß dadurch eine fortwährende Lockerung der Gesteine bewirkt wird. Wir haben gesehen, daß auch ganze Schichtenkomplexe von mächtigen Sprüngen und Verwerfungen durchsetzt sind, und es ist natürlich, daß diese dem Wasser willkommene Angriffspunkte bieten. Stößt aber ein

fließendes Wasser in seinem Laufe auf eine hindernde Bergkette, welche es nicht umgehen kann, so staut es sich anfangs zum See auf, bis es ihm gelungen ist, sich so tief einzunagen, daß es sich freie Bahn geschaffen hat. Derartige Täler, welche sich das Wasser ausgenagt hat, ohne sich an den Aufbau des Gebirges zu halten, nennt man Erosionstäler.

Von den großartigen Veränderungen, welche durch die Tätigkeit des Wassers bewirkt werden, können wir uns kaum eine Vorstellung machen. Alle Bergformen, sowohl die schroffen Gipfel der Kalkgebirge, wie die rundlichen Höhen der Granite, ebenso wie die Schluchten, Täler und Ebenen, sind durch das Wasser geformt und gebildet. Gebirge, deren Höhe unsern höchsten Gebirgen gleichkam, sind bis zur flachen Hügellandschaft, ja bis zur Ebene abgetragen, und nur die gefalteten und aufgerichteten Schichten zeugen noch von den früheren Störungen, welche dort stattgefunden haben. Der ganze über 20 000 m mächtige Schichtenkomplex der Sedimentärformationen war vom Wasser transportiert und zum Ausgleich der Höhenunterschiede verwendet worden.

IV. Abschnitt.

Historische Geologie oder Formationslehre.

Während wir uns in den vorangehenden Abschnitten einen Überblick zu verschaffen suchten über das Material, das die Erdkruste zusammensetzt, und die Kräfte, welche dabei tätig waren, stellt sich die historische Geologie die Untersuchung der einzelnen Schichten oder Formationen und, mit Hilfe der darin enthaltenen Überreste, die Entwicklung der irdischen Bewohner zur Aufgabe.

Wie wir gesehen haben, stellen die vielen Glieder der Sedimentärformationen nur eine ununterbrochene Umwandlung und Neuablagerung des ursprünglich schon vorhandenen Materiales mit Hilfe des Wassers dar. Um so größer ist aber der zeitliche Unterschied dieser Ablagerung, welche, wie heute, auch früher nur sehr langsam vor sich ging. Es ist nicht nötig, ja es ist überhaupt unmöglich, daß überall auf der Erde die Schichten gleichmäßig aufeinander lagern oder gleichmäßig ausgebildet sind, denn der Ablagerung auf der einen Seite stand ja immer eine Zerstörung auf der andern Seite gegenüber. Im großen ganzen finden wir die mächtigsten Schichten durch das Meer abgelagert, während auf dem damaligen Festlande keine oder nur geringe Ablagerungen vor sich gingen, ja im Gegenteil von diesem Lande ununterbrochen abgewaschen und weggeschwemmt wurde. Es konnten also in einer Erdperiode nur dort Schichten sich entwickeln, wo sich Meer befand, während an andern Punkten, dem damaligen Festlande, keine oder nur wenig gleichalterige Gesteine zum Absatz kamen. Ebenso können früher abgelagerte, mächtige Schichtenkomplexe in späterer Zeit wieder vollständig oder bis auf wenige Überreste abgewaschen werden und verloren gehen. Daß wir trotzdem fast überall Meeresablagerungen finden, ist auf die schon besprochene Hebung und Senkung der Kontinente zurückzuführen.

Faziesverschiedenheit. Es können aber auch die gleichalterigen Ablagerungen unter sich wieder sehr verschiedenartig ausgebildet sein. In den Meeren lagerten sich an den tiefen Stellen nur Kalk und feiner Schlamm ab, in welchem die Tierwelt der Tiefsee sich findet; die steilen Küsten und Riffe belebten Korallen und auf dem Grund festgewachsene Tiere; in den Strömungen der Meere wurde mehr Sand und Schlamm geführt, während am Strande grober Kies und Gerölle den Untergrund bildeten. Gleichzeitig mit den

marinen Ablagerungen können aber auch auf dem Festlande terrestrische Bildungen vor sich gehen; sumpfige Urwälder werden uns als Kohlenablagerung wieder entgegentreten, die Ströme werfen Schotter auf, in den Binnenseen lagert sich Schlamm mit den Bewohnern süßen Wassers ab. Außerdem können auch noch die verschiedenartigsten vulkanischen Auswurfsprodukte und deren Verarbeitung durch das Wasser hinzukommen. Kurz, so mannigfach die Bildungen auf der Erde heute noch sind, so mannigfach haben wir sie uns auch in früheren Erdperioden vorzustellen. Man bezeichnet diese sowohl in ihrem Gesteinscharakter wie in den erhaltenen Überresten sich kundgebende Verschiedenheit einer gleichalterigen Formation als Fazies und spricht demnach von mariner, Tiefsee-, litoraler, terrestrischer usw. Fazies.

Begriff der Formation. Durch sorgfältiges Vergleichen der verschiedenen Faziesausbildungen und ihrer Übergänge sucht nun der Geologe sämtliche gleichalterige Ablagerungen zusammenzustellen und bezeichnet sie als eine Formation. Die Formation umfaßt also eine Reihe von Schichten, welche unter sich sehr verschiedenartig ausgebildet sein können, aber doch ein gleiches Alter besitzen; sie ist damit zugleich ein zeitlicher Begriff und fällt zusammen mit einem gewissen Stadium der Entwicklung der Erde und ihrer Bewohner, einer sogenannten geologischen Erdperiode.

Altersbestimmung der Formation. Um nun das Alter einer zu untersuchenden Schicht zu bestimmen, wird zuerst die Stellung derselben im ganzen Gebirgssystem erforscht. Man untersucht, ob die fragliche Schicht nicht von anderen uns bekannten Schichten überlagert oder unterlagert wird; dann wird der Gesteinscharakter in Betracht gezogen; vor allem aber ist zu untersuchen, welche Versteinerungen uns darin erhalten sind, denn nur nach ihnen läßt sich mit Sicherheit das Alter bestimmen. Demnach fällt auch die Hauptauf-

gabe der historischen Geologie auf das Studium der Versteinerungen, ihres geologischen Auftretens und ihrer Entwicklung, ein Studium, das als selbständige Wissenschaft — Paläontologie — die Vermittlung von Geologie und Zoologie bildet*).

Wir kennen die Uranfänge des organischen Lebens nicht, denn dieselben fallen in eine Erdperiode, aus welcher uns keine erkennbaren Spuren mehr erhalten sind. Dabei müssen wir vor allem daran denken, daß uns nur die Hartgebilde der Tiere und in seltenen Fällen die Pflanzenstruktur erhalten ist; wer bürgt uns aber dafür, daß diese niederen Organismen Hartgebilde besessen haben? Außerdem ist anzunehmen, daß selbst sehr feste Hartgebilde in dem durchgreifenden Umwandlungsprozesse, welchen wir zur Entstehung der kristallinischen Schiefer angenommen haben, gleichfalls mit umgewandelt worden sind und sich darum unserer Beobachtung entziehen. In den ältesten Schichten, aus denen uns Versteinerungen bekannt sind, treten uns deshalb schon verhältnismäßig hoch entwickelte Tiere entgegen; verfolgen wir die geologischen Perioden weiter, so sehen wir in großen Zügen eine stete, langsame Weiterentwicklung der gesamten Pflanzen- und Tierwelt und eine Annäherung der ursprünglich niederen Flora und Fauna an die höchst entwickelte der Jetztzeit. Dies gilt aber nur von dem Bild im großen ganzen, in einzelnen Geschlechtern fällt die höchste Formenentwicklung in längst vergangene Erdperioden; sie sterben wieder aus oder verkümmern, um einem anderen, höher entwickelten Geschlechte Platz zu machen.

Gliederung der Formationen. Um eine klare Übersicht zu bekommen, denkt man sich alle uns bekannten Schichten übereinandergelegt und gliedert sie in größere Gruppen, welche den Eintritt einer neuen Epoche in der Entwicklung der Pflanzen- und Tierwelt bezeichnen. Diese Gruppen oder Zeitalter zerlegt man sodann wieder in Formationen, die eine in sich mehr oder minder abgeschlossene Periode der Erdgeschichte darstellen und gleichfalls durch durchgreifende Merkmale der Pflanzen- und Tierwelt charakterisiert sind. Auch die Formationen werden wieder in Stufen oder Glieder zerlegt, eine Einteilung, welche sich durch das Auftreten bestimmter Arten oder Leitfossile rechtfertigen läßt. Gerade diese Leitfossile, welche in kurzen bestimmten Perioden über große Strecken verbreitet vorkommen und sich daher auf eine einzige Schicht beschränken, geben ein Mittel in die Hand, das Alter der einzelnen Schichten sicher zu erkennen und diese selbst noch eingehender in Horizonte zu gliedern.

*) Vergl. Sammlung Göschen Nr. 95, Paläontologie von R. Hörnes.

Bei der nun folgenden kurzen Zusammenstellung der Formationen muß ich mich natürlich darauf beschränken, ein möglichst gedrängtes Bild der Formation im ganzen zu geben, ohne dabei auf Einzelheiten oder auf Leitfossile für bestimmte Horizonte eingehen zu können.

Erstes Zeitalter der Erde oder die archäischen Formationen.

So tief auch unsere Blicke eindringen in die Erdkruste durch die gewaltigen Aufbrüche und Aufrisse der Erde selbst, durch die Erosionstäler und tiefen Bergwerke, so können wir doch nicht die älteste Formation feststellen, welche gebildet sein muß durch die ursprüngliche Erstarrungskruste der Erde. Was wir kennen, sind alles schon durch das Wasser bewegte und neu abgelagerte Massen. Wir müssen aber annehmen,

daß die erste Erstarrungsmasse alle die Substanzen enthalten hat, welche wir später wieder verarbeitet finden, und dürfen ferner annehmen, daß sie sich am nächsten in ihrer Zusammensetzung an die ältesten uns bekannten Gneise anschließen wird. Es ist nicht wohl zu denken, daß uns diese Urformation irgendwo auf der Erdoberfläche zu Gesicht kommt, da alle Punkte der Erde im Laufe der geologischen Zeiten schon zu vielfachen Umwälzungen und Umänderungen unterlegen sind.

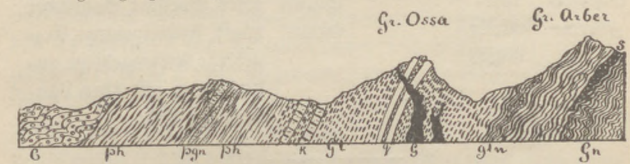
Die ältesten Formationen, welche unserer Beobachtung zugänglich sind, weichen von den späteren insofern ganz bedeutend ab, als sie kristallinischer Natur sind, also nicht einfache, sondern gemengte Gesteine darstellen. Man bezeichnet sie daher auch als kristallinische Schiefergesteine. Über die Art ihrer Zusammensetzung und Bildungsweise ist schon früher (Seite 20 und 34) gesprochen worden, und es bleibt noch übrig, ihre gegenseitige Lagerung und ihre geologische Stellung kennen zu lernen.

Das älteste Glied ist die Gneisformation, welche in der enormen Mächtigkeit bis zu 30000 m unter allen bekannten Formationen liegt. Im allgemeinen bewahrt sie einen monotonen Charakter; dünnflaserige, schuppige oder feinschieferige Varietäten wechsellagern mit grobkörnigen oder dichten, scheinbar ungeschichteten Massen. In dem mächtigsten, genau studierten Gneiskomplexe des Bayrischen Waldes überwiegt in den unteren Zonen die graue, in den oberen die rötliche Färbung. Nach oben stellen sich häufig hornblendereiche Varietäten ein (Amphibolschiefer), bald mehrt sich der Granat (Eklogit) und tritt an Stelle des Glimmers (Granulit). Schließlich nimmt der Gehalt an Feldspat ab, wogegen der Glimmer sich mehrt, und in allmählichem Übergang kommen wir zur zweiten Gruppe,

der Glimmerschiefer-Formation. Auch in dieser sind wieder eine große Reihe von Varietäten zu verzeichnen,

je nachdem der eine oder andere Bestandteil vorwiegend wird. (Siehe Tabelle Seite 20.)

Das jüngste Glied der archäischen Schiefer, die Phyllit-Formation, trägt zwar in den unteren Lagen noch ganz den Charakter der kristallinischen Schiefer und steht dem Glimmerschiefer sehr nahe; in den höheren Horizonten jedoch stellen sich immer mehr tonige Beimengungen ein, so daß diese Gesteine oft kaum mehr nach ihrem Gesteinscharakter von den darauf folgenden jüngeren Tonschichten zu trennen sind. Man bezeichnet daher die Phyllite auch als Urtonschiefer oder Übergangsgebirge.



Die kristallinischen Schiefer im Bayrischen Wald.
Gn Gneis. S Syenit lagerartig im Gneis. gln Übergang zum Glimmerschiefer (Hornblendeschiefer). Gl Glimmerschiefer mit Granitgängen (G), Quarzitschiefer. k Körniger Kalk. ph Phyllit, z. Teil als Phyllitgneis (pgn) entwickelt. C Kambrium.

Vergebens schauen wir uns in den kristallinischen Schiefern nach den Überresten lebender Wesen um. Wohl hat man in den eigentümlichen Serpentin- und Kalkgemengen aus der Gneisformation die Überreste eines großen Urschleimtieres zu erkennen geglaubt und es Eozoon genannt, aber neuere Untersuchungen haben es mit Sicherheit als eine unorganische Mineralbildung erkennen lassen. Es bleibt uns demnach die ganze Fauna dieser Urzeit verborgen. Und doch muß diese Fauna eine überaus reiche und entwicklungsfähige gewesen sein und hatte sich auch bis zum Eintritt der nächsten Periode schon verhältnismäßig weit entwickelt. Es ist also vollständig

unberechtigt, diese Urzeit als azoisch (ohne lebendes Wesen) zu bezeichnen, sondern sie mußte im Gegenteil den Urkeim alles organischen Lebens enthalten.

Tabellarische Übersicht der archäischen Formationen.

Gesteins-charakter	Gliederung	Paläontologische Überreste	Gleichaltrige Eruptiv-gesteine	Verbreitungs-gebiete
Kristallinische Schiefer-gesteine	Phyllit, Glimmer-schiefer, Gneis	unbekannt	Diorit Diabas Syenit Granit	Zentral-Europa: Zentralalpen, Schwarzwald, Vogesen, Spessart, Bayrischer Wald, Fichtelgebirge, Erzgebirge, Riesengebirge, außerdem in fast allen Ländern der Erde.

Zweites Zeitalter oder die paläozoischen Formationen.

Der Übergang von den kristallinischen Schiefern in die paläozoischen Formationsgesteine ist, wie wir gesehen haben, ein ganz allmählicher und eine bestimmte Grenze daher in vielen Fällen nicht durchführbar. Immer mehr nehmen aber nun die einfachen und klastischen Gesteine überhand; zwischen den Tonschiefern stellen sich Grauwacken, Konglomerate, Sandsteine und zum Teil sehr mächtige Kalkablagerungen ein. Das wichtigste Merkmal aber sind die Versteinerungen, welche von jetzt ab auftreten und uns Kunde geben von einer längst wieder verschwundenen und untergegangenen Welt. In den meisten Fällen sind es Meeresablagerungen, welche uns erhalten sind, und die Fauna, welche uns entgegentritt, zeigt

zwar schon in den ältesten Spuren eine verhältnismäßig hohe Entwicklung, aber es sind doch noch Formen, welche sich mit den jetzt lebenden gar nicht oder nur sehr schwer in Einklang bringen lassen.

Es sind nur wenige Geschlechter vertreten, aber diese mit einem staunenswerten Reichtum der Formen und vor allem der Individuen; eine einzige Spezies tritt oft so massenhaft auf, daß sie mächtige Bänke ausschließlich erfüllt und zusammensetzt. Die Korallen zeichnen sich durch einen fremdartigen Charakter aus und nähern sich erst allmählich unseren jetzt lebenden Formen; man stellt sie als Zoantharia rugosa und tabulata den jetzt lebenden Hexacoralla gegenüber. Von den Strahltieren und Echinodermen sind es die jetzt sehr seltenen Seelilien oder Krinoiden, welche in diesem Zeitalter ihren höchsten Formenreichtum entfalten, während die Seesterne und Seeigel selten sind. Auch die Muschel- und Schneckentiere haben durchgehend ein fremdartiges Aussehen; dazu kommen noch die ungemein zahlreichen Arten der Brachiopoden und der schalentragenden Tintenfische aus dem Geschlechte der Nautiliden. Den seltsamsten Charakter tragen unter den paläozoischen Gliedertieren die Trilobiten, welche bereits in den tiefsten Horizonten in zahlloser Menge auftreten, um dann in den jüngeren Schichten wieder vollständig zu verschwinden; sie sind kaum mit irgend einem lebenden Geschlecht der Krebse in Einklang zu bringen. Eigentümliche Fische von oft abenteuerlichen Gestalten beginnen in den mittleren Lagen dieser Formationen, und dazu kommen noch in den jüngsten paläozoischen Schichten Amphibien und Reptilien, aber alle von einer Form und einem Aufbau, wie wir ihn unter den jetzt lebenden Tieren nicht mehr finden.

Was die Pflanzenwelt anbelangt, so können wir sie erst von der Zeit an richtig beurteilen, aus welcher uns reichliche terrestrische Ablagerungen bekannt sind. Aus den Meeresablage-

rungen sind uns nur Algen bekannt, in den Steinkohlenablagerungen dagegen tritt uns eine Flora entgegen, welche, wie die Tierwelt, von der jetzigen vollkommen verschieden ist. Vor allem sind es die Gefäßkryptogamen, welche vorwiegen und zu riesigen Bäumen heranwachsen; daneben treten noch einzelne Koniferen auf, während die unsere jetzige Flora beherrschenden Dikotyledonen noch fehlen.

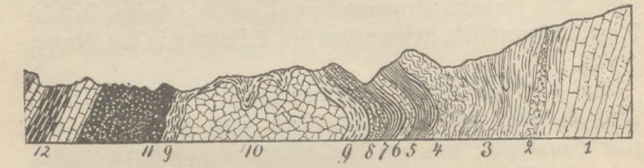
So finden wir in dem paläozoischen Zeitalter eine Urwelt entwickelt, welche uns in jeder einzelnen Form wie in ihrem Gesamtbild vollständig fremd entgegentritt. Aber auch in dieser Welt können wir eine fortwährende Veränderung und Weiterentwicklung beobachten, und eben auf diese Veränderungen, auf das Aussterben einzelner Geschlechter und das Auftreten neuer gründet sich die Gliederung in einzelne Formationen.

Die Eruptivgesteine der paläozoischen Schichten sind in den beiden älteren Gliedern noch dieselben oder wenigstens sehr ähnlich denen der kristallinischen Schiefer: Granit, Syenit, Diabas, Diorit — und zwar in den Varietäten der Glimmerdiorite — walten hier vor, während die jüngeren Glieder durch die massenhaften Eruptionen von Melaphyr und besonders Quarzporphyr ausgezeichnet sind.

1. Kambrium und Silurformation.

Nur an wenigen Stellen in Deutschland, am Nordrande des Fichtelgebirges, im Vogtlande und in Thüringen, sind uns diese ältesten Versteinerungen führenden Schichten erhalten; um so schöner dagegen ist ihre Entwickelung in Böhmen und im Norden Europas, in Rußland, Skandinavien und Großbritannien, sowie in Nordamerika, wo sie ungemein ausgedehnte Ländergebiete zusammensetzen. Die Gesamtmächtigkeit dieser Formation kann über 20000 Meter erreichen.

Der Gesteinscharakter, der hier vorwiegt, ist ein toniger und sandiger, zu welchem sich untergeordnet auch Kalkablagerungen gesellen. Gewöhnlich ist der Übergang aus den Urtonschiefern der Phyllitstufe ein kaum merklicher, so daß in den unteren Horizonten Tonschiefer von schwarzer und grauer Farbe vorwiegen, welche nicht selten als Dach- und Griffelschiefer Verwendung finden. Zwischen diesen Tonschiefern stellen sich Grauwacken und Sandsteine ein, welche besonders in den höheren Horizonten an Mächtigkeit zunehmen. Schwarze



Silur und Devon im Fichtelgebirge.

1 Kambrische Quarzite. 2 Phykoden-Schichten und Eisenerze des oberen Kambrium. 3—5 Unter-Silur, quarzitische Schiefer und untere Graptolithenschiefer. 6—8 Ober-Silur: 6 Kalke der Cardiola interrupta, 7 Graptolithenschiefer, 8 Tentakuliten-Kalke. 9—11 Devon: 9 unterdevon. Nereitenschiefer, 10 Diabas, 11 Diabastuffe. 12 Oberdevon mit Goniatitenkalken, Schalsteinen und Klymenienschichten.

Kalke treten nur vereinzelt auf, sind aber dann fast immer durch einen erstaunlichen Reichtum an Versteinerungen ausgezeichnet. Die Ablagerungen, welche uns erhalten sind, weisen alle auf Meeresbildungen hin, daher gehören auch alle Versteinerungen den Seetieren und marinen Pflanzen an; nur zufällig sind hie und da Bewohner des Landes in das Meer hineingespült und uns erhalten geblieben.

Die präkambrische und kambrische Formation bildet die unterste Stufe und lagert direkt auf dem Phyllite auf. Im Präkambrium sind es nur undeutliche Spuren von Algen (Fukoiden) und die Kriechspuren von Würmern (Nereiten),

welche uns in den tieferen Horizonten Zeugnis einer schon vorhandenen Tier- und Pflanzenwelt geben. Dagegen beobachten wir im Kambrium Ablagerungen mit wohlerhaltenen Versteinerungen, welche an einzelnen Orten vollständig das Gestein erfüllen. Den größten Teil der Fauna bilden Trilobiten, welche von den kleinen, kaum 2 mm großen Arten (Agnostus) bis zu nahezu $^1/_2$ m langen Riesen (Asaphus und Paradoxites, Taf. III, Fig. 10) einen ungeahnten Formenreichtum erkennen lassen. Die anderen Tiergruppen, von denen nur einzelne Brachiopoden (Lingula, Obolus, Orthis) bemerkenswert sind, treten neben den Trilobiten in den Hintergrund.

Auf den kambrischen Schichten lagert das Untersilur. Auch in diesen Ablagerungen spielen noch die Trilobiten eine Hauptrolle; von den kambrischen Geschlechtern sterben zwar einzelne aus, aber an deren Stelle treten beinahe ebensoviel neue Arten, und man darf deshalb das Kambrium und Untersilur als den Höhepunkt in der Entwickelung der Trilobiten bezeichnen. Die im Kambrium nur schwach vertretenen Brachiopoden nehmen nun rasch an Formenreichtum zu (besonders Orthis und einzelne Spiriferarten, Taf. III, Fig. 15). Dazu gesellen sich noch die Schalen von Kephalopoden aus der Gruppe der Nautiliden; teils sind es gerade, stabförmige Formen (Orthoceras, Taf. III, Fig. 1), teils gekrümmte und halb aufgerollte (Cyrtoceras, Taf. III, Fig. 2, Lituites). Besonders leitend und charakteristisch sind die Graptolithen (Taf. II, Fig. 8), welche in den Schieferablagerungen sich in unglaublicher Menge finden. Es sind dies die Skelettstücke eines unbekannten Tieres (wahrscheinlich aus der Gruppe der Hydroidpolypen), bestehend aus einer stabförmigen Achse, an welcher sich seitlich die Zellen oder Kammern ansetzen.

Das Obersilur zeigt zwar im großen ganzen noch eine ähnliche Zusammensetzung der Fauna, doch fällt das Schwergewicht der Tierwelt nicht mehr auf die Trilobiten, welche ebenso wie die Graptolithen einen Rückgang bemerken lassen, sondern auf die anderen Tiergeschlechter. Die Nautiliden und Brachiopoden stellen sich mit großem Artenreichtum ein; dazu gesellen sich die Seelilien in größter Entfaltung ihrer Formen. Sie waren zwar schon im Untersilur durch die kugelförmig gebildeten Zystideen vertreten; im Obersilur dagegen haben wir die echten Krinoiden mit Stiel, Kelch und Armen vor uns. Auch die Korallen vom Typus der Tabulata und Rugosa (Taf. II, Fig. 6) treten nun massenhaft auf und erfüllen einzelne Ablagerungen. Als vollständig neue Formen sind ferner unförmliche und abenteuerlich gestaltete Riesenkrebse (Gigantostraca) und die ersten Wirbeltiere in Gestalt von Fischen zu erwähnen; diese waren jedoch nicht mit Schuppen, sondern mit schildförmigen Panzerplatten bedeckt (Pteraspis).

2. Devonformation.

Dieses zweite Glied der paläozoischen Formationen reiht sich in den für das Silur erwähnten Verbreitungsgebieten an die älteren Schichten an und bildet dort die direkte Fortsetzung dieses Schichtensystemes. In schönster Entwickelung finden wir es außerdem in dem rheinischen Schiefergebirge, wo es meist auf Tonschiefer der Phyllitformation auflagert. Sowohl im Gesteinscharakter wie in der Fauna zeigt sich das Devon sehr nahestehend den Silurablagerungen; auch jetzt noch überwiegen die Tonschiefer, Grauwacken und Sandsteine, doch beteiligen sich auch Kalksteine in weit größerer Verbreitung als in der Silurformation. Während wir in dem Silur ausschließlich marine Ablagerungen vor uns haben, treffen wir im Devon schon Spuren von Festländern, auf denen sich eine Landflora mit Gefäßkryptogamen entwickelte. In der Tierwelt zeigt sich eine stete Weiterentwickelung, was sich be-

sonders bei den Wirbeltieren geltend macht, welche zwar auf die Fische beschränkt bleiben, aber in einem großen Formenreichtum auftreten.

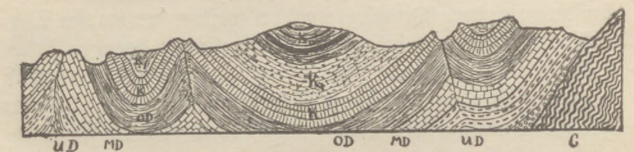
Man teilt die Devonformation in drei Glieder ein, welche als Unter-, Mittel- und Oberdevon bezeichnet werden. Jede Abteilung zeichnet sich in der Regel schon durch besondere Ausbildung der Gesteine aus, aber vor allem waren bei dieser Einteilung bestimmte Leitfossile maßgebend, während im großen ganzen die Fauna der Devonformation sich sehr gleichmäßig bleibt.

Das Unterdevon wird durch einen mächtigen Komplex von sandigen Schichten, meist Grauwacken, Quarziten und Sandsteinen gebildet, in denen die Versteinerungen nur schlecht erhalten sind. Unter den Korallen bildet das eigentümliche Pleurodictyum problematicum, das fast immer nur als Hohlraum oder Steinkern vorkommt, ein sehr gutes Leitfossil, ebenso wie einzelne Spirifer-Arten (Spirifer macropterus [Taf. II, Fig. 15] und cultrijugatus). Die Trilobiten und Krinoiden treten gegenüber der Silurfauna vollständig in den Hintergrund, dagegen werden die Muscheln und Meerschnecken zahlreicher.

Dies macht sich besonders in der zweiten Abteilung, dem Mitteldevon, geltend. Diese Schichten, meist aus Kalksteinen und Mergeln bestehend, zeichnen sich durch außerordentlichen Reichtum an Versteinerungen aus. An einzelnen Punkten, wie in der Eifel, finden wir förmliche Korallenablagerungen, sog. paläozoische Korallenriffe, in welchen wir außer den zahlreichen Korallen auch sonstige Meeresbewohner in Hülle und Fülle antreffen, und welche uns erst ein richtiges Bild von dem damaligen üppigen Meeresleben geben können. Unter den Korallen zeichnet sich besonders eine merkwürdige, mit Deckel versehene Einzelkoralle (Calceola) und das häufig zu Stöcken verschmolzene Cyathophyllum durch

Häufigkeit aus. Von den Krinoiden ist nur Cupressocrinus zu erwähnen; ganz einzig für dieses Formationsglied dagegen sind die Brachiopodengeschlechter Stringocephalus und Uncites. Auch Nautiliden, sowohl gerade gestreckte wie gekrümmte, sind sehr häufig, und dazu treten noch eine Reihe von Muscheln (Pterinea und Megalodon) und Schnecken (Pleurotomaria); von den Trilobiten ist nur noch eine Gattung (Phacops [Taf. III, Fig. 11]) von Bedeutung.

Eschweiler Kohlenmulde.



Devon und Karbon der Eifel.

C Kambrium, UD Koblenzer Schichten mit Pleurodictyum. MD Eifler Kalk mit Calceola und Stringocephalus. OD Oberdevon mit Goniatiten und Klymenienkalken. K Kohlenkalk. K_1 Kulmschichten. K_2 Produktive Steinkohle.

Das Oberdevon schließlich zeichnet sich dadurch aus, daß die Kephalopoden eine sehr wichtige Entwickelung zeigen, indem jetzt die ersten Anfänge der später so wichtigen und formenreichen Gruppe der Ammoniten auftreten in Gestalt von zwei Geschlechtern, den Goniatiten (Taf. III, Fig. 4) und Klymenien, welche als Vorläufer der Ammoniten angesehen werden.

Die für die Devonformation so charakteristischen Fische finden sich nur selten in den deutschen Meeresablagerungen, um so häufiger dagegen in den mehr litoralen Sandsteinen des Oberdevons von Schottland, dem sogenannten „alten roten Sandstein“. Sie zeichnen sich durch großen Reichtum der Arten aus, sind zum Teil mit großen Panzerplatten bedeckt

und haben dann eine ganz fremdartige Gestalt (Coccosteus, Pterichthys [Taf. IV, Fig. 1]), oder aber sie tragen Schuppen, welche mit dickem Schmelz überzogen sind; man bezeichnet sie als Ganoidfische.

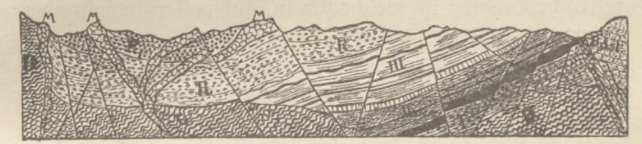
3. Steinkohlen- oder Karbon-Formation.

Die beiden jüngeren paläozoischen Formationen haben unter sich große Ähnlichkeit, wie dies bei den beiden alten Gliedern, dem Silur und Devon, der Fall war. Schon zu Ende der Devonzeit lassen sich Unterschiede zwischen Festland und Meer konstatieren, doch überwiegt noch bei weitem der marine Charakter. In den nun folgenden Ablagerungen dagegen haben wir eine scharfe Trennung von Meer und Land und demgemäß terrestrische und marine Ablagerungen, welche scheinbar gar nichts mehr miteinander gemein haben, obgleich sie geologisch gleichaltrig sind.

Die Meeresablagerungen bestehen aus mächtigen Kalk- und Tonschichten, dem sog. Kohlenkalk, mit einem großen Reichtum an Seetieren, welche eine fortlaufende Kette in der Entwickelung der alten paläozoischen Formen darstellen. Unter den Urtierchen (Foraminiferen) wird besonders eine etwa erbsengroße walzenförmige Form, die Fusulina (Taf. II, Fig. 1), ein gutes Leitfossil, das über die ganze Erde verbreitet ist. Die Korallen zeigen zwar eine Reihe neuer Geschlechter, sind aber doch noch mit den alten Formen aufs nächste verwandt. Erstaunlich ist die Entwickelung der Seelilien, welche im Kohlenkalk den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreichen. Im Rückgang begriffen sind dagegen die Brachiopoden, unter denen das große Geschlecht der Orthiden ausstirbt, und vor allem die Trilobiten, welche nun vollständig erlöschen. Die Kephalopoden sind nur gering vertreten, es treten nur wenig neue Formen aus der Gruppe der Ammoniten auf, während die Nautiliden an Formenreichtum abnehmen. Die

Muscheln und Schnecken entfalten sich immer mehr und liefern eine Reihe wichtiger und guter Leitfossile. Unter den Fischen treten außer zahlreichen Haifischarten nur Ganoidfische auf, die Knochenfische fehlen noch gänzlich.

Kommen wir nun aus den Gebieten der tiefen Meere, welche die Kohlenkalkablagerung darstellt, näher zur ehemaligen Küste, wo die Meere seichter waren, und zugleich viel mehr Material vom Festland her zugeführt bekamen, so finden wir dort Ablagerungen von ganz anderem Gesteinscharakter. Man bezeichnet sie als Kulm-Formation. Diese Gebilde



Saarbrücker Kohlenrevier.

D Devonisches Grundgebirge. I Tiefste flötzleere Sandsteine des Carbon. II Saarbrücker Stockwerk, produktive Steiukohle. III Pfälzer Stockwerk, oberes Carbon mit wenig Flötzen. R Unteres Rotliegendes, R_1 Oberes Rotliegendes. M Melaphyrgänge und Decken. Bdst. Bundsandstein.

der Uferzone bestehen durchgehend aus Konglomeraten, Sandsteinen und Grauwacken, dazwischen treten auch Schiefer, Ton und Kalkablagerungen, ja vereinzelte Kohlenflöze auf. Eine große Petrefaktenarmut macht sich bemerklich, und nur wenige mit dem Kohlenkalk gemeinsame Arten beweisen die geologische Gleichaltrigkeit dieser beiden Schichten, welche die unteren Glieder der Steinkohlenformation darstellen.

Die produktive Kohlenformation stellt die oberste und wichtigste Gruppe dar und besteht aus Sandsteinen, zwischen welchen Schiefertone und Kohlenflöze wechsellagern. Die Anzahl sowohl wie die Mächtigkeit der Flöze ist eine schwankende: bald sind sie nur wenige Zentimeter dick und

deshalb nicht abbauwürdig, bald aber schwellen sie zu einer Mächtigkeit von vielen Metern an. Die Kohlenablagerungen sind entstanden aus einer üppig wuchernden Flora, welche die sumpfigen Niederungen des damaligen Festlandes bedeckte. Die Ablagerungen sind immer muldenförmig angeordnet und auf verhältnismäßig kleine Strecken, sog. Kohlenbecken oder Kohlenreviere, verteilt. Sowohl diese muldenförmige Lagerung, als vor allem die Entstehung der Flöze aus Landpflanzen und die mit diesen vorkommenden Landtiere machen es zweifellos, daß die produktive Kohlenformation eine terrestrische Bildung ist, welche sich in Süßwassertümpeln abgelagert hat.

Das größte Interesse nimmt natürlich die Flora in Anspruch, welche sich, wie die paläozoischen Tiergeschlechter, zwar durch unglaubliche Massenhaftigkeit und Üppigkeit der einzelnen Arten, aber doch durch große Armut und Eintönigkeit der Geschlechter auszeichnet. Abgesehen von wenigen echten Koniferen aus der Gruppe der Araukarien, wurde die ganze Kohlenablagerung von Kryptogamen gebildet; die Kalamarien oder Schachtelhalme (Calamites, Asterophyllum und Annularia [Taf. I, Fig. 2 und 5]) wucherten in den Sümpfen, Farnkräuter und zwar vorzüglich Baumfarne (Neuropteris, Odontopteris [Taf. I, Fig. 6], Pecopteris und Alethopteris) waren mehr auf den trockenen Boden angewiesen. Den größten Anteil an der Kohlenbildung hatten die eigentümlichen Sigillarien (Taf. I, Fig. 3) und Lepidodendron (Taf. I, Fig. 4), welche zu gewaltigen Bäumen von über 30 m Höhe heranwuchsen; der ganze Stamm ist mit Blattnarben besetzt, an welchen lange Nadeln saßen, die Wurzeln (sog. Stigmarien) sind vielverzweigt und verbreitet, aber nur äußerst selten werden sie mit den Stämmen im Zusammenhang gefunden. Die systematische Stellung dieser Bäume ist schwierig; Lepidodendron wird zu den Lykopodiazeen

gestellt, während die Stellung von Sigillaria noch schwankend ist. Damit ist die Flora schon erschöpft, denn alle weiteren Pflanzengruppen, vor allem die angiospermen Dikotyledonen, fehlen noch; in welcher Üppigkeit aber diese wenigen Arten wucherten, kann man sich kaum vorstellen, denn unzählige Stämme und Blätter waren nötig, um solche Kohlenablagerungen zu hinterlassen, wie wir sie in der Kohlenformation antreffen.

Die Tiere treten neben den Pflanzen vollständig in den Hintergrund und gehören zu den größten Seltenheiten. Um so interessanter ist es aber, daß uns Funde von karbonischen Spinnen, Skorpionen, Termiten, Heuschrecken und andern Insekten vorliegen, welche uns beweisen, daß auch diese Gruppen schon ein hohes Alter besitzen. Noch wichtiger ist das erste Auftreten von geschwänzten Amphibien, salamanderähnlichen Geschöpfen, welche jedoch im Skelettbau noch sehr von diesen verschieden sind und Anklänge an die Fische zeigen. Man hat die ganze Gruppe dieser alten Amphibien, welche wieder in der Trias aussterben, als Stegokephalen (Taf. IV Fig. 5 und 6) bezeichnet.

Die Verbreitung der produktiven Kohlenformation ist, wie schon erwähnt, auf einzelne Becken beschränkt; in Deutschland ist es Nieder- und Oberschlesien, Sachsen zwischen dem Erz- und Mittelgebirge, das Saargebiet und Westfalen, welche besonders gesegnet sind; kleinere Vorkommnisse sind im Fichtelgebirge, in den Vogesen und im badischen Schwarzwald vorhanden, wogegen in Württemberg die Tiefbohrung auf Steinkohlen resultatlos blieb.

Außerhalb Deutschlands ist in Europa vor allem Großbritannien durch großen Kohlenreichtum ausgezeichnet, auf dem Kontinent ist das belgische und böhmische Kohlenrevier von Bedeutung. Die marinen Ablagerungen (Kohlenkalk und Kulm) bilden bald das Liegende in den genannten Kohlen-

becken, bald treten sie auch selbständig ohne Kohlenflöze auf, sowohl in Deutschland (Fichtelgebirge, Thüringen, Harz), wie in Rußland, Frankreich und Spanien. Große Kohlenreviere scheinen sich in China zu befinden, und noch bedeutender sind diejenigen von Nordamerika, welche zusammen ein Areal von ca. 5500 Quadratmeilen umfassen.

4. Die Permische oder Dyas-Formation.

Dieses jüngste Glied des paläozoischen Zeitalters schließt sich aufs engste an das Karbon an und bewahrt im großen ganzen denselben Gesteinscharakter und nahe verwandte Organismen. Auch hier herrschen die litoralen und sogenannten terrestrischen Bildungen vor: Konglomerate, Sandsteine mit untergeordneten Kohlenflözen, Mergel und Ton bilden die Sedimentärgesteine der unteren Dyas oder des Rotliegenden; nur den oberen Abschluß bilden Schiefer (Kupferschiefer) und marine Kalk- und Dolomitablagerungen, der sogenannte Zechstein. Besonders wichtig für das Rotliegende sind die massenhaften Eruptivgesteine, unter denen die Quarzporphyre die erste Stelle einnehmen. Diese bilden nicht nur als ausgedehnte Decken einen großen Teil der Schichten selbst, sondern sie lieferten auch größtenteils das Material für die Konglomerate und Sandsteinschichten. In zweiter Linie sind die mächtigen Salzstöcke in Norddeutschland zu nennen, welche in diese Periode fallen und ihre Entstehung wohl großen abflußlosen Inlandseen verdanken. Es sind die viele hundert Meter mächtigen Lager von Steinsalz in den oberen Lagen von den für die Industrie so wichtigen Kalisalzen begleitet, welche einen wichtigen Mineralschatz dieses Landes darstellen. In den terrestrischen wie in den marinen Ablagerungen finden wir noch paläozoische Fauna und Flora, aber beide sind auf wenige Formen beschränkt, wie überhaupt in der Dyas eine große Petrefaktenarmut herrscht. Die Kalamarien und Farne

der Kohlenformation sind auch noch im Rotliegenden vorherrschend, nur die Sigillarien und Lepidodendron-Arten sind durch echte Koniferen vertreten. Unter den niederen Seetieren herrschen im Zechstein noch einige paläozoische Brachiopoden (Productus) vor, aber die Zeit der Nautiliden, Goniatiten, Trilobiten, der paläozoischen Krinoiden und Korallen ist zu Ende. Nur die Fische sind durch mehrere Ganoid-Fische (Palaeoniscus) vertreten und die Stegokephalen erreichen den Höhepunkt ihrer Entfaltung (Archegosaurus, Branchiosaurus [Tafel IV Fig. 5], Melanerpeton u. a.). Einen wesentlichen Schritt in der Entwicklung der Wirbeltiere bezeichnet das erste Auftreten echter Reptilien (Palaeohatteria und Proterosaurus). Die Verbreitung der beiden permischen Formationsglieder, des Rotliegenden und Zechsteins, ist in Deutschland eine sehr große; sie schließt sich an die Kohlenbecken und an die spätere Triasformation an.

Drittes Zeitalter
oder die mesozoischen Formationen.

Mit dem Auftreten der über der Dyas gelagerten Schichten sehen wir eine neue Ära in der Geschichte der Erde aufgehen, welche sich von dem paläozoischen Leben weiter entfernt, als von dem der Jetztzeit. Es darf keineswegs gedacht werden, daß zwischen beiden Zeitaltern eine trennende Kluft stehe, sondern sie gehen beide vollständig ineinander über. Während eine große Reihe der Tierwelt sich gleichbleibt, sehen wir an Stelle anderer ausgestorbener Arten eine große Anzahl neuer auftreten und dazu kommen noch vollständig neue, höher entwickelte Tier- und Pflanzengruppen mit großem Artenreichtum, welche dem Gesamtbild ein verändertes und mannigfaltigeres

Gepräge verleihen. In der Pflanzenwelt gehen zwar noch die Gefäßkryptogamen, wenn auch mit neuen Arten durch, aber sie werden überwogen von den Koniferen, und dazu gesellen sich noch die ersten angiospermen Dikotyledonen, die echten Laubhölzer. Die in den paläozoischen Formationen leitenden tabulaten Korallen machen den Hexakorallen Platz, die Krinoiden, Brachiopoden und Nautiliden beschränken sich auf wenige Arten; dafür werden die Krinoiden vollständig durch die Echiniden oder Seeigel, die Nautiliden durch die echten Ammoniten und Belemniten vertreten. Anstatt der Trilobiten erscheinen nun echte Krebse, die Fische entfalten einen großen Formenreichtum und es gesellen sich zu den Selachiern und Ganoiden noch Knochenfische (Teleostei); die Stegokephalen schließlich wachsen zwar in ihren Endgliedern zu riesigen Formen heran, erlöschen aber damit schon in dem ersten mesozoischen Formationsgliede. Eines der besten Merkmale des mesozoischen Zeitalters gibt die Entfaltung der Reptilien, welche den Höhepunkt ihrer Entwicklung erreichen. Neben ihnen treten auch schon die ersten Vögel und Säugetiere auf.

So gestaltet sich Tier- und Pflanzenwelt in der mesozoischen Periode unendlich mannigfacher und formenreicher gegenüber der früheren Zeit, und wenn sie auch noch von dem Bild der Jetztzeit weit abweicht, so sehen wir doch schon einen ganz wesentlichen Schritt zur Annäherung.

Was die Gesteine anbelangt, so läßt sich im allgemeinen nur sagen, daß die Kalkgesteine mehr vorwiegen und neben ihnen die Sandsteine und Tone, während die kieselhaltigen Quarzite, Grauwacken und Schiefer nur untergeordnet auftreten. Vulkanische Eruptionen sind während dieses Zeitalters Seltenheiten und daher von untergeordneter Bedeutung.

5. Die Trias-Formation.

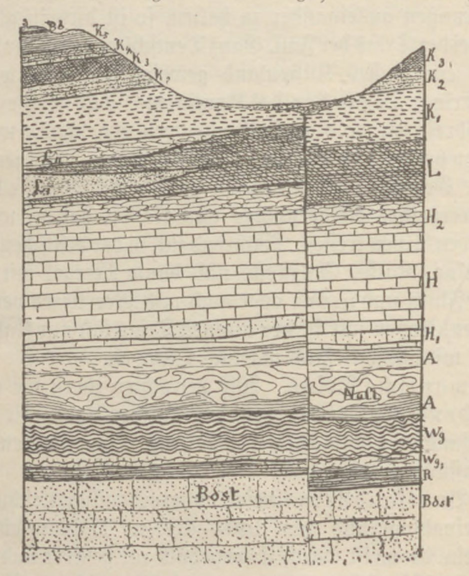
Die Trias lagert als unterstes Glied der mesozoischen Formationen auf der Dyas und bildet in Deutschland wohl die verbreitetste aller Formationen. Hatten wir schon im Karbon und in der Dyas streng die terrestrischen und marinen Ablagerungen auseinander zu halten, so ist dies in gleichem Maße bei der Trias der Fall. Ganz Deutschland muß zur Triasperiode ein flaches Küstenland gewesen sein, in welchem durch geringe Oszillation des Kontinentes bald seichte Meere sich ausbreiteten, bald große Binnenseen abgeschnürt wurden, welche zu petrographisch sehr verschiedenartigen Ablagerungen führten. Ganz anders gestalteten sich die Verhältnisse da, wo tiefe Meere ihre Niederschläge hinterlassen haben, wie wir dies in den Alpen treffen. Während sich in der deutschen Trias Sandsteine, Kalke, Salzstöcke und bunte Mergel mit terrestrischer Flora und Fauna oder auch mit Meertieren vermischt vorfinden, treffen wir in der alpinen Trias fast nur Kalke und Mergel mit ausschließlich mariner Tierwelt.

Germanische Trias. Wir betrachten zuerst die außeralpine deutsche Trias, welche durch ihre klare Gliederung in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper zum Namen Trias Veranlassung gegeben hat.

Der Buntsandstein ist eine außerordentlich gleichmäßige Sandsteinablagerung von 300—400 m Mächtigkeit; der Sandstein ist meist durch Eisengehalt rot gefärbt und besitzt ein gleichmäßiges feines Korn, weshalb er sich als Baustein ganz besonders gut eignet (Heidelberger Schloß). Für den Geologen und Paläontologen bietet er so wenig Anziehendes wie das Rotliegende, da in ihm die größte Petrefaktenarmut herrscht. Nur hie und da bezeugen Pflanzen (Voltzia) oder die Fährten von riesigen Stegokephalen (Chirotherium) und deren Skeletteile (z. B. Trematosaurus Taf. IV, Fig. 6), daß

das Leben nicht vollständig erloschen war. Erst in den obersten Schichten, dem sogenannten Röt, treten Abdrücke von Muscheln in größerer Häufigkeit auf und bilden den Übergang zum

Muschelkalk. Wir können uns den Buntsandstein als eine Art von Dünenbildung oder eine ungeheure Sandwüste vor-



Schwäbische Trias (Untergrund von Stuttgart).

Bdst Buntsandstein. R Röt. Wg Wellengebirge mit Dolomit (Wg_1) und Kalk. A Anhydritgruppe mit Salzstöcken (NaCl). H Hauptmuschelkalk. H_1 Enkriniten-Horizont. H_2 Ceratites nodosus-Horizont. L Lettenkohle mit L_1 Lettenkohlen-Dolomit und L_2 Lettenkohlen-Sandstein. K Keuper. K Untere Gipsmergel. K_2 Schilfsandstein. K_3 Rote Gipsmergel. K_4 Stuben- oder Belodonsandstein. K_5 Violette Mergel (Zanklodon). Bd Bonebed des Rät. J Schwarzer Jura.

stellen, welche nun von einem seichten Meere überflutet wurde. Schon der Name Muschelkalk deutet den großen Reichtum an Versteinerungen an, welche meist aus den zahllosen Schalen von Muscheln bestehen, unten denen die glatten Trigoniaarten, die sogenannten Myophorien, die wichtigsten sind. Korallen und Spongien fehlen fast ganz, dagegen tritt eine Krinoidenart, der Encrinus liliiformis (Taf. II, Fig. 9), in erstaunlicher Menge auf und seine Stielglieder bilden den Trochitenkalk. Von den Brachiopoden zeichnet sich die Terebratula vulgaris durch ihre Häufigkeit aus. Ausschließlich auf den deutschen Muschelkalk sind die Ammoniten mit einfachen Suturlinien, der Ceratites nodosus und C. semipartitus, beschränkt. Auch Saurier bevölkerten neben den spärlichen Fischen das Meer und zwar waren es eigenartige Formen mit gedrungenem Leib, kleinem schlanken Kopfe auf einem langen Hals und kurzen, zum Schwimmen geeigneten Füßen (Nothosaurus); sie werden als die Vorläufer der im Jura verbreiteten Plesiosaurier angesehen.

In Süddeutschland, besonders in Württemberg, finden sich im mittleren Teile des Muschelkalkes mächtige Salzstöcke, welche von Gips und Anhydrit begleitet sind (Friedrichshall, Wilhelmsglück). Die Schwankung des Meeres während der mittleren Muschelkalkzeit, welche die Salzbildung veranlaßte, macht sich auch in den andern deutschen Gebieten geltend und hat Veranlassung gegeben zu einer Dreiteilung in unteren Muschelkalk oder Wellengebirge, mittleren Muschelkalk oder Anhydrit-Gruppe und oberen oder Hauptmuschelkalk.

Keuper. Nach der Muschelkalkperiode kam es in Deutschland zu neuen großen Bewegungen des Bodens, welche die offenen Meere verdrängten und an deren Stelle Lagunen und große abflußlose Binnenseen setzten. Die Gesteine, welche sich hier absetzten, bilden den buntesten Wechsel der Ablagerungen, welchen wir überhaupt in einer Formation kennen. Sand-

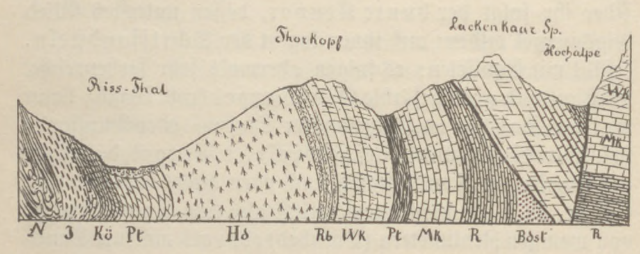
steine, Dolomite, Kalke und vor allem Mergel mit viel Gips und Steinsalz in allen möglichen Farbentönen kennzeichnen die Keuperschichten. Sie sind im ganzen terrestrischer Natur; dafür sprechen die vielen Pflanzenreste und die Landsaurier. Die Seen selbst waren, wie z. B. heute noch das Tote Meer, gefüllt mit einer übersättigten Lösung von Salz, in welcher ein Leben für Seetiere nicht mehr möglich war. Daher finden wir auch keine marine Fauna dieser Binnenmeere, sondern nur die spärlichen, vom Lande hergeschwemmten Überreste von Landbewohnern.

Die Pflanzenwelt ist besonders reich entwickelt und zeichnet sich durch das Auftreten von Equiseten (Schachtelhalmen) und Zykadeen (Pterophyllum) (Taf. I, Fig. 8) aus. Muscheln und Schnecken sind sehr spärlich; Krinoiden, Brachiopoden und Kephalopoden fehlen vollständig. Unter den Fischen ist besonders ein Dipnoer (durch Lunge und Kiemen atmend), der Ceratodus, von Interesse, dessen lebender Vertreter in Australien entdeckt wurde, ferner ein kleiner Ganoidfisch, Semionotus (Taf. IV, Fig. 4), und eine Anzahl von Haifischarten (Hybodus [Taf. IV, Fig. 2], Acrodus u. a.). Am interessantesten sind die Bewohner des Festlandes, wahre Ungeheuer an Plumpheit und Größe. Von den Amphibien haben wir die letzten Stegokephalen, Labyrinthodonten genannt wegen ihres eigentümlich verworrenen Zahnbaues; da lebte Mastodonsaurus, ein Lurch von nahezu 5 m Länge mit 15 cm langen Eckzähnen, Cyclotosaurus und Metopias mit mehr als 2 m Länge als die jüngsten Vertreter ihrer Sippe. Unter den Sauriern finden wir noch Nothosauriden von den zierlichen, kaum 30 cm langen Formen bis zu Riesen von 4 und 5 m. Besonders eigenartig sind die krokodilartigen gepanzerten Reptilien, das mächtige Belodon und der zierliche Aëtosaurus, und als seltsamste Ungeheuer treten nun auch die Dinosaurier mit dem gegen 7 m großem Zanclodon auf, einem ganz fremdartigen Reptil, halb aufrecht gehend wie ein Känguruh, mit kleinem Kopf, langem Hals, ungeheuren bekrallten Hinterfüßen und einem Stützschwanz. In der obersten Schicht wurden in Württemberg auch die ersten Spuren von Säugetieren entdeckt (Microlestes und Triglyphus).

Wie beifolgendes Profil zeigt, wird der Keuper in eine Reihe von Unterabteilungen gegliedert. Zu unterst liegt die Lettenkohle, hauptsächlich aus Mergeln mit kleinen Kohlenflözen, Pflanzensandstein und dolomitischen Kalken bestehend. Über ihr folgt der bunte Keuper, dessen unterstes Glied Gipsmergel bilden; auf ihnen lagert der Schilfsandstein, erfüllt mit Equiseten; es folgen abermals sehr farbenreiche, meist rot und grün gefärbte Gipsmergel (rote Wand), dann weißer Sandstein, sogenannter Stuben- oder Burgsandstein, mit Belodon und schließlich violette Mergel, das Lager des Zanclodon. Den Abschluß nach oben bildet die Rätische Stufe, in Deutschland gewöhnlich als eine Knochenbreccie von wenigen Zentimetern (Bonebed) oder als mariner Sandstein mit einer leitenden Muschel, der Avicula contorta, entwickelt. So unbedeutend dieser Horizont ist, so ist er doch bei der Parallelisierung des außeralpinen Keupers mit dem alpinen Keuper von großer Wichtigkeit.

Alpine Trias. Ganz verschiedenartig von dieser sogenannten deutschen Trias sind die gleichaltrigen Ablagerungen in den Alpen, die sogenannte alpine Trias. Dort fluteten während der ganzen Triaszeit tiefe Meere, in welchen eine ausschließlich marine Tierwelt zur Entwicklung kam. In diesen Meeren lebte eine Menge von Korallen, Brachiopoden, Muscheln, Schnecken und vor allem Ammoniten, welche sich immer mehr von den paläozoischen Formen entfernen und die Zeit der höchsten Entwicklung der Ammoniten in der Juraperiode vorbereiten. Aber auch schon zur Triaszeit machte sich offenbar die Unruhe im Untergrunde geltend, welche später

zur Erhebung des großen Faltengebirges führte, und die Ablagerungen wurden infolgedessen sehr schwankende. Während an der einen felsigen Stelle sich den Korallen Gelegenheit zur Bildung eines Riffes bot, lagerten sich an einer anderen mächtige Ton- und Mergelmassen ab. Am meisten aber überwiegen die Kalksteine, welche zum Teil enorme Mächtigkeit erreichen und sich häufig durch Petrefaktenreichtum auszeichnen, während die gleichfalls sehr mächtigen Dolomitgesteine sich sehr arm erweisen.



Alpine Trias (Karwendel-Gebirge).
Bdst Buntsandstein. R Unterer Muschelkalk (Myophorienschichten). Mk Alpiner Muschelkalk. Pt Partnachschichten. Wk Wettersteinkalk. Rb Raibler Schichten. Hd Hauptdolomit. Pt Plattenkalk. Kö Kößner-Schichten (Rät). J Jura. N Kreide.

Auf die verschiedenartigen Ausbildungen hier einzugehen, würde zu weit führen; ich beschränke mich daher auf das beigegebene Profil und folgende Angaben: Der Buntsandstein und der untere Muschelkalk sind im großen ganzen ähnlich wie in dem außeralpinen Gebiet. Durch einen Mergelhorizont (Partnach- und St. Cassianer Schichten) getrennt, folgt eine bis 1500 m mächtige Kalkablagerung, der Wettersteinkalk, welchem in den östlichen Alpen der Hallstätter Kalk entspricht. Es folgt abermals eine Mergelablagerung (Raibler Schichten), dann ein mächtiger Do-

lomithorizont, der Hauptdolomit. Den Abschluß nach oben bilden die rätischen Schichten, welche in den Alpen eine ungemein große Mannigfaltigkeit und Mächtigkeit zeigen, aber die Avicula contorta mit den außeralpinen obersten Keupersandsteinen gemein haben.

6. Die Juraformation.

Mit Ende der Triasperiode werden in der germanischen Triasprovinz die meist trocken gelegten Länder von neuem vom Meer überflutet, welches uns eine mächtige, meist rein marine Ablagerung hinterlassen hat in Form von Kalk und Sandsteinen, Mergeln und Schiefertonen.

Es ist interessant, dieses Übergreifen des Meeres über das Festland (Transgression) zu beobachten, welches in Deutschland von SW nach NO und O vor sich ging. In einer mächtigen Kette, dem Juragebirge, das sich von dem Schweizer Jura bis zum Fichtelgebirge durchzieht, sind uns die Formationen in ihrer ursprünglichen Ablagerung erhalten. Aber auch im Norden von Deutschland fehlen sie nicht, nur treten sie nicht in einem derartig geschlossenen Zusammenhang auf, sondern sind auf wenige Lokalitäten beschränkt. Die mit den süddeutschen Gebieten übereinstimmende Entwicklung der Schichten läßt es aber wahrscheinlich erscheinen, daß ganz Deutschland von einem großen Jurameer bedeckt war, das sich auch noch über den größten Teil von Frankreich und England erstreckte. Gegen Ende der Juraperiode können wir eine allmähliche Verschiebung beobachten, Frankreich und England wurden frei von Wasser und dafür das ganze nördliche Rußland überflutet.

Auch klimatische Unterschiede machen sich schon geltend, indem die nördlichen borealen Meere eine von den südlichen mediterranen und äquatorialen Provinzen verschiedene Tierwelt beherbergen.

Der paläontologische Charakter des Jura läßt sich zusammenfassen als die Blütezeit der Ammoniten und Belemniten, sowie der großen Meersaurier. Zu diesen gesellen sich noch Vertreter fast aller im Meere lebender Tiergeschlechter: Seeschwämme und Korallen bilden riffartige Anhäufungen; Seelilien, Seesterne und vor allem Seeigel sind in großer Anzahl vertreten; dazu die formenreichen Muscheln und Schnecken, die Krebse und die Fische aus der Gruppe der Ganoidfische. Auch die Bewohner des Landes sind uns sowohl in den Küstengebilden der Solnhofer Schiefer, wie vor allem in den mächtigen terrestrischen Ablagerungen der Rocky Mountains in Nordamerika erhalten; wir kennen eine Menge Insekten, und zwar Käfer, Heuschrecken, Fliegen, Spinnen u. a., welche sich zum Teil durch bedeutende Größe auszeichnen und an die heutigen in den Tropen lebenden Arten erinnern. Vor allem kamen auf dem Lande die Reptilien zur Entwicklung; da haben wir Schildkröten, Krokodile und Saurier, wie sie heute auf Neuseeland leben (Rhynchocephalia), daneben aber auch vollständig ausgestorbene Gruppen, wie die abenteuerlichen Flugsaurier (Pterodactylus [Taf. IV, Fig. 8] und Rhamphorhynchus) und die schon beschriebenen Dinosaurier. Letztere werden besonders in den amerikanischen Ablagerungen gefunden und erreichen dort die kaum glaubliche Größe von 24 m. Die Schenkelknochen dieser Riesen haben allein eine Höhe von 2,3 m (Atlantosaurus). Auch der erste gefiederte Vogel (Archaeopteryx) und kleine Säugetiere, welche in keine der jetzt lebenden Gattungen eingereiht werden können, wurden in Europa und Amerika gefunden.

Alles zusammengefaßt, darf der Jura als der Glanzpunkt der mesozoischen Formationen betrachtet werden. Man hat die Juraformation in drei Glieder geteilt, welche nach ihrer vorwiegenden Gesteinsfärbung als schwarzer Jura oder Lias, als brauner Jura oder Dogger und als weißer Jura oder Malm bezeichnet werden. In allen drei Gliedern werden wieder eine Anzahl Unterabteilungen oder Horizonte unterschieden, welche sowohl durch ihre Gesteinsart, wie durch ihre Leitfossile sicher auseinandergehalten werden können. Quenstedt hat für den Schwäbischen Jura je sechs Unterabteilungen in jedem Gliede eingeführt, welche er nach dem griechischen Alphabet mit α bis ζ bezeichnet. Im allgemeinen genügt eine Einteilung in unteren, mittleren und oberen Lias, resp. Dogger oder Malm (siehe Titelbild: Profil der Schwäbischen Alb).

Der schwarze Jura oder Lias.

Im Lias überwiegen Kalke und Tone von schwarzer Farbe, während die Sandsteine zurücktreten. Schon in den untersten Kalkbänken haben wir eine Fülle von Ammoniten (Taf. III, Fig, 5) aus dem Geschlechte der Arieten und Ägoceraten, Formen mit ungeteilten, ziemlich geraden Rippen. Neben den Ammoniten treten hochgewölbte Austern (Gryphaea) in zahlloser Menge auf, während Terebrateln und Belemniten noch schwach vertreten sind. In den englischen Ablagerungen finden sich schon hier die zahlreichen Meersaurier und Fische, welche in Deutschland erst in den höheren Stufen häufig werden, dagegen in den untern Lagen sehr selten sind.

In den mittleren, meist durch Mergel und Ton gebildeten Liasschichten fehlen die Ammoniten der Arietengruppe, dagegen stellen sich die Amaltheen ein, Formen mit geschwungenen Rippen und einem zopfartigen Kiel auf dem Rücken. Auch die Belemniten (Taf. III, Fig. 8 und 9), die fingerartig gebildeten Endstücke (sog. Phragmokone) der Schulpe von Tintenfischen, treten nun in zahlloser Menge auf, begleitet von Terebrateln, Rhynchonellen (Taf. II, Fig. 16 und 17), Muscheln und Schnecken.

Der obere Lias zeigt uns eine Ablagerung von ausgezeichnet geschichteten Schiefertonen, in welchen die Versteinerungen fast immer plattgedrückt erhalten sind. Eine kleine Muschel (Posidonomya Bronni) ist das häufigste Leitfossil; unter den Ammoniten sind die Ägokeraten und Amaltheen verschwunden und an deren Stelle treten die Harpokeraten mit Sichelrippen und scharfem Kiel (Falziferen); ferner die ersten Stephanokeraten mit rundem Rücken und sich gabelnden Rippen, daneben die Phyllokeraten und Lytokeraten mit glatten Umgängen ohne Kiel und Rippen, Ammoniten, welche besonders in den südlichen Jurameeren die Übermacht über alle anderen Formen bekommen. Auch eine prachtvolle große Seelilie (Pentacrinus [Taf. II, Fig. 11]) kommt in diesen Schichten häufig vor und bedeckt mit ihren Stielen und Kronen weite Flächen. Das größte Interesse bieten die zahlreichen Skelette von Wirbeltieren, welche hier nicht verfallen, sondern in ihrem ganzen Zusammenhang vorkommen und ein klares Bild des früheren Tieres geben. Eine große Anzahl von Fischen, meist Ganoidfische mit Schmelzschuppen, werden gefunden, zusammen mit den Skeletten von großen Meersauriern. Der häufigste ist Ichthyosaurus (Taf. IV, Fig. 7), ein delphinartiger Saurier mit langer spitziger Schnauze, kurzem Hals und gestrecktem, walzenförmigem Leib, der in einem langen Ruderschwanz endigt; die Füße sind zum Schwimmen eingerichtet und wie bei den Walen als Paddeln entwickelt. Neben Ichthyosaurus findet sich besonders in England der Plesiosaurus, ein Nachkomme von Nothosaurus aus der Trias, gleichfalls ein Meersaurier, aber mit kleinem Kopf, unverhältnismäßig langem Hals und kurzem Leib, mit starkem Schwanz und Ruderfüßen versehen. Er macht den Eindruck, als ob man eine Schlange durch den Leib einer Schildkröte gezogen hätte. Der dritte im Bunde ist Teleosaurus, eine gepanzerte Krokodilart mit einer Länge bis zu 5 m.

Der braune Jura oder Dogger.

Die Gesteine dieses mittleren Juragliedes bestehen meist aus Tonen, Sandsteinen und den sehr charakteristischen Oolith- oder Rogensteinbildungen, indem die Kalke gewöhnlich nicht als dichter Kalk ausgebildet sind, sondern aus feinen konzentrisch schaligen Körnern bestehen. Allen diesen Gesteinen ist eine braune rostige Färbung eigen infolge von Eisengehalt, der manchmal so groß ist, daß es sich lohnt, das Erz bergmännisch auszubeuten (Eisenerze von Wasseralfingen, Lothringen und Luxemburg).

In dem unteren braunen Jura herrschen noch vielfach Tone vor, auf welchen dann im deutschen Juragebiet eisenschüssige Sandsteine, im westlichen französischen Jura mächtige Oolithbildungen (Hauptoolith) folgen. Die Leitfossile werden wieder von Ammoniten gebildet, unter welchen scharfkielige Harpokeraten herrschend sind (Ammonites opalinus und Murchisonae). Unter den Muscheln gewinnt das Geschlecht der Trigonien an Bedeutung, während die Saurier und Fische, sowie die Belemniten und Krinoiden in den Hintergrund treten.

Der mittlere braune Jura hat echte Stephanokeras-Arten unter den Ammoniten als Leitfossile (Ammon. Humphresianus). Die Belemniten wachsen zu den größten Formen (Bel. giganteus) heran, und unter den Muscheln erreichen Ostreen und Trigonien eine besonders reiche Entfaltung. An einzelnen Orten finden sich auch große Korallenablagerungen in den Kalk- und Oolithgesteinen dieser Horizonte.

Der obere braune Jura schließlich ist charakterisiert durch die schöne Entfaltung der Stephanokeraten, mit dicken, nahezu kugeligen Formen (Ammon. Macrocephalus) oder reich verziert durch Knoten und Dornen (Ammon. ornatus).

Neben den Ammoniten treten zahlreiche schöne Terebrateln, Muscheln, Schnecken und Belemniten auf, so daß diese Schichten zu den reichsten des braunen Jura gezählt werden dürfen. Die Makrokephalenschichten bestehen meist aus sehr eisenreichem Rogenstein, auf welchem dann die lichten Ornatentone lagern, den kaum merkbaren Übergang zum weißen Jura bildend.

Der weiße Jura oder die Malmformation.

In dem oberen Jura ändert sich der Gesteinscharakter vollständig, die Sandsteine, Oolithe und Schiefersteine werden verdrängt, und an ihre Stelle treten lichtfarbige, reine und tonige Kalke und Dolomite, welche durch ihr langsameres Verwittern Veranlassung zu dem Steilabfall der Juraberge gegeben haben. Der Unterschied auch in paläontologischer Hinsicht zeigt sich sofort in dem unteren weißen Jura. Als herrschende Ammoniten tritt das Geschlecht der Perisphinkten oder Planulaten auf, die Belemniten treten in den Hintergrund, während Terebrateln und Rhynchonellen an Artenreichtum zunehmen. Ganz neu ist aber die große Beteiligung der Seeschwämme oder Spongien (Taf. II, Fig. 5) an den Ablagerungen, und diese kann so groß werden, daß der Kalk als Schwammkalk bezeichnet wird. In solchen Ablagerungen treten dann auch Echinodermen, sowohl Seelilien (Pentacrinus und Apiocrinus [Taf. II, Fig. 10]), wie Seesterne und vor allem die schönen Seeigel (Cidaris [Taf. II, Fig. 12 und 13], Diadema, Echinus u. a.) in großer Menge auf. Die ganze Fauna wird dadurch gegenüber dem unteren Jura eine vollständig neue.

In dem mittleren weißen Jura herrscht noch eine ganz ähnliche Zusammensetzung der Fauna, nur daß sich zu den Perisphinkten noch weitere Ammonitengeschlechter reihen, von denen die flachen Oppelien oder Flexuosen und die dicken, mit einzelnen Knoten versehenen Aspidokeraten oder Inflaten besonders wichtig sind. Auch hier sind Spongienkalke sehr häufig und mächtig. Im fränkischen Jura ist diese Stufe durch große Dolomitmassen vertreten, welche die schönen Bergformen und Höhlen der fränkischen Schweiz bilden.

Der obere weiße Jura baut sich teils aus massigen marmorartigen Kalken oder Dolomiten auf, in welchen sich häufig mächtige Anhäufungen von Korallen (z. B. Thecosmilia, Taf. II, Fig. 7) finden, die an Stelle der Spongien treten, teils aber auch aus dünnplattigen Kalken mit sehr feinem Korne, welche als Solnhofer Schiefer oder Plattenkalke überall bekannt sind. Diese Schiefer waren zur Erhaltung der Überreste außerordentlich geeignet, und so finden wir in ihnen nicht nur Ammoniten, Tintenfische, Muscheln, Krebse, Fische und Saurier auf das beste erhalten, sondern sie bewahrten uns sogar die Abdrücke sonst ganz vergänglicher Tiere, wie der Insekten und Würmer, ja sogar der zarten Meerquallen. Wie schon erwähnt (Seite 78), stellt die Fauna eine Mischung von Land- und Meertieren dar und läßt auf eine Ablagerung in nächster Nähe des Landes schließen.

Die letzten Glieder des weißen Jura zeigen bereits eine Annäherung an die folgende Kreideformation und werden als Tithon bezeichnet. Dieser Charakter macht sich besonders in den mediterranen Ablagerungen geltend, wie wir sie in den Alpen und Karpathen treffen. Dort bildet das Tithon eine geschlossene Ablagerung mit sehr charakteristischen Leitfossilien (Terebratula diphya und Ammonites elimatus).

7. Die Kreideformation.

Der Laie ist gewöhnt, unter den Kreidegesteinen sich nur jenen weißen erdigen Kalk, die Schreibkreide, zu denken; das ist jedoch ein ganz falscher Begriff, denn die Schreibkreide bildet nur einen ganz geringen Bestandteil der ungemein wech-

selnden Gesteinsarten in der Kreideformation. Viel häufiger sind Tone und Mergel, dazwischen Kalkbänke oder mächtige graue und schwarze Kalkmassen, sodann Sandsteine und nahezu lose, häufig grün gefärbte Sande, sog. Glaukonit- oder Grünsande. In Deutschland z. B. finden wir fast keine Schreibkreide, sondern nur Mergel, Kalke und vor allem Grünsande und Sandsteine; letztere bilden die mächtigen Kreideablagerungen der Sächsischen Schweiz und werden dort als Quadersandstein bezeichnet.

Im großen ganzen herrschen in der Kreide die marinen Ablagerungen vor, doch fehlt es auch keineswegs an brackischen (Mischung von Meer- und Süßwasser) und terrestrischen Gebilden. In der marinen Tierwelt läßt sich ein langsamer Rückgang der im Jura leitenden Ammoniten und Belemniten beobachten, der sich in der Entwicklung merkwürdiger Zerrformen kennzeichnet. Während die Ammoniten des Jura eine in einer Ebene aufgerollte Schale darstellen, und zwar so, daß die Windungen satt aneinander anschließen, finden wir in der Kreide Formen, bei welchen sich dieser Zusammenhang löst, bald nur in dem letzten Umgang (Scaphites [Taf. III, Fig. 6]), oder vollständig (Crioceras); auch treten Formen auf, welche spiral aufgewunden (Turrilites) oder vollständig gerade gestreckt sind (Baculites [Taf. III, Fig. 7]). Was die übrigen Tiergeschlechter betrifft, so haben wir zunächst eine enorme Fülle von Foraminiferen und Radiolarien (Taf. II, Fig. 2 und 4) zu verzeichnen, welche zwar mikroskopisch klein sind, doch mächtige Bänke zusammensetzen (z. B. Schreibkreide). Die Spongien und Korallen entwickeln sich weiter und erreichen einen großen Formenreichtum. Bei den Echinodermen treten die Seelilien und Seesterne vollständig in den Hintergrund gegenüber den Seeigeln, unter welchen neben den regulären Zidariten die irregulären (bilateral symmetrischen) Formen (Micraster [Taf. II, Fig. 14], Spatangus und Echinoconus) vorwiegen. Die Brachiopodengeschlechter Terebratula und Rhynchonella erhalten sich mit vielen Abarten auf derselben Höhe wie im Jura. Die Annäherung an die Jetztzeit kennzeichnet sich durch das Vorwiegen der Muscheln und Schnecken, welche in den Vordergrund aller Schalentiere treten. Ebenso ist diese Annäherung bei den Fischen zu beobachten, unter welchen nicht mehr die Ganoidfische, sondern die Knochenfische (Teleostei) und Knorpelfische (Haie und Rochen) vorwiegen. Die Blütezeit der Reptilien ist vorüber; zwar sind noch alle jurassischen Geschlechter durch einzelne Formen vertreten, die zum Teil zu riesiger Größe heranwachsen, aber sie bezeichnen nur die Endglieder einer aussterbenden Generation. So die Ichthyosaurier und Plesiosaurier (Pliosaurus mit gegen 10 m Länge) und die Dinosaurier mit dem 7 m großen Iguanodon, Megalosaurus, und einigen amerikanischen Arten. Die Krokodile und Schildkröten allein entwickeln sich gleichmäßig weiter und dazu tritt ein neuer langgestreckter Meersaurier, Mosasaurus, dessen gewaltige Überreste bei Maastricht und in Kansas (Nordamerika) gefunden worden sind. Aus denselben Schichten der Kansaskreide kennt man auch Flugsaurier mit 6 m Spannweite (Pteranodon) und Vögel, welche sich durch die Bezahnung der Kiefer (Odontornithen) auszeichnen. Auffallenderweise sind die Säugetiere noch ebenso selten wie in der Juraperiode. Unter den Pflanzen des Festlandes bezeichnet das Auftreten von angiospermen Dikotyledonen (Credneria [Taf. I, Fig. 10]) in der Kreidezeit den Eintritt einer neuen Ära der Erdgeschichte.

Die klimatischen Zonen treten in der Kreidezeit noch viel deutlicher hervor, als im Jura; es lassen sich südliche und nördliche Zonen unterscheiden. Während in der nördlichen Zone eine Mischung der erwähnten Tierwelt vorwiegt, gewinnt in der südlichen oder mediterranen Zone ein Muschel-

geschlecht, die Hippuriten (Taf. II, Fig. 18), eine solche Oberhand, daß alle anderen Formen dagegen in den Hintergrund gedrängt werden.

Gliederung: Die Einteilung der Kreide ist auf die französischen Verhältnisse begründet, wo wir eine volle Entwicklung sämtlicher Glieder übereinander haben, während in Deutschland die einzelnen Abteilungen selten in geschlossenem Zusammenhang auftreten; doch lassen sie sich nicht schwer mit den französischen Normalverhältnissen in Einklang bringen.

Untere Kreide. Sie ist gekennzeichnet durch einen allmählichen Übergang der oberjurassischen Tierwelt zu der echten Kreidefauna. In Norddeutschland kam es zu unterst zu brakkischen und Süßwasser-Ablagerungen, dem Wealden oder Wälderton und dem Hilssandstein, mit Muscheln, Schnecken und Resten des großen Iguanodon, während in andern Gegenden die marine Fazies, das Neokom, vorwiegt. Darüber lagert der Gault, eine marine Ablagerung mit grünen Sandsteinen. Im Neokom und Gault bilden noch die Ammoniten, sowohl die geschlossenen wie die aufgerollten Formen, den wichtigsten Teil der Fauna. Unter den Muscheln sind die Inoceramus-Arten von besonderer Bedeutung (I. sulcatus) und neben ihnen noch Trigonien (Trigonia caudata).

Die obere Kreide wird in drei Glieder eingeteilt: das Kenoman, Turon und Senon; im östlichen Deutschland, wo die Quadersandsteine vorherrschen, spricht man von unterem, mittlerem und oberem Quader, zwischen welchen zwei Mergelzonen, der untere und mittlere Pläner, liegen. Das Schwergewicht der Fauna liegt nun in den Seeigeln und den Muscheln, unter letzteren speziell wieder den Inokeramen. Im Kenoman treten in einzelnen Sandsteinen Laubhölzer auf, im Turon und vor allem im Senon finden sich die Ablagerungen der weißen Schreibkreide mit zahlreichen schönen

Petrefakten, unter welchen die Seeigel und die letzten Formen der Belemniten sehr gute Leitfossile sind.

Wie schon erwähnt, ist die südliche Zone ganz verschieden von der nördlichen; dort herrschen die Muscheln aus dem Geschlechte der Chamiden vor, in der unteren Kreide durch Caprotina und Requienia vertreten, während in der oberen Kreide die sogenannten Rudisten (Hippurites, Radiolites und Sphaerulites) so massenhaft werden, daß sie viele hundert Meter mächtige Ablagerungen erfüllen (Hippuritenkalke). Von besonderem Reichtum sind die turonischen Korallenschichten der Gosau, welche in den dortigen Buchten zur Ausbildung kamen und von Korallen, Muscheln und Schnecken erfüllt sind.

Viertes Zeitalter oder die känozoischen Formationen.

Dieses jüngste Zeitalter findet seinen Abschluß mit der Jetztzeit und zeigt die allmähliche Herausbildung unserer jetzigen Tier- und Pflanzenwelt, sowie der ganzen Erdoberfläche aus den Gestalten, welche im mesozoischen Zeitalter zur Entwicklung kamen. Für den Geologen kommen nur noch die Entwicklungsperioden selbst in Betracht, welche in die Tertiär- und Diluvialzeit fallen, während das fertige Bild des känozoischen Zeitalters, die Jetztzeit, von den Zoologen, Botanikern und Geographen*) erforscht wird.

In einer kurzen Charakteristik sind etwa folgende Momente gegenüber dem mesozoischen Zeitalter geltend zu machen. Auf der Erde machen sich ausgesprochene klimatische Zonen,

*) Vergl. die kleine naturwissenschaftliche Bibliothek der Sammlung Göschen.

sowohl in der Pflanzen- wie in der Tierwelt geltend. Die Pflanzen zeichnen sich durch die Entfaltung der angiospermen Dikotyledonen, der Laubhölzer, aus, gegen welche die Zahl der Gymnospermen eine verschwindend kleine ist. In der Tierwelt herrschen vor allem die Säugetiere mit dem Menschen als höchst entwickeltem Schlußglied; nicht minder sind die Vögel in großem Reichtum der Arten vertreten, während die Reptilien gegenüber den mesozoischen Geschlechtern sehr im Rückgang begriffen sind; nur die Eidechsen, Schlangen, Krokodile und Schildkröten haben noch Bedeutung. Unter den Amphibien sind Frösche und Salamandrinen an Stelle der Stegokephalen getreten; bei den Fischen gehören die Ganoidfische zu den größten Seltenheiten, während die Knorpel- und vor allem die Knochenfische in großem Artenreichtum Meer und Süßwasser erfüllen. Unter den niederen Seetieren herrschen nackte Tintenfische, Muscheln, Schnecken, Seesterne und Seeigel, und die Korallen werden durch die Entwicklung der Poriten und Madreporen befähigt, mächtige Riffe zu bauen. Vollständig verschwunden oder doch in der Tierwelt kaum bemerkbar sind die Kieselschwämme, Seelilien, Brachiopoden und vor allem die Ammoniten und Belemniten.

8. Die Tertiärformation.

Das Tertiär stellt, wie schon erwähnt, den Übergang von dem mesozoischen Zeitalter zur Jetztzeit dar, es steht aber in seiner Fauna und Flora schon viel näher der Jetztwelt als derjenigen der Kreidezeit. Maßgebend hierfür ist vor allem die rasche Entwicklung der Säugetiere, welche nun eine entscheidende Rolle in der Tierwelt spielen, während in der Pflanzenwelt die Dikotyledonen mehr und mehr die Übermacht über die übrigen Pflanzen gewinnen. Auch in der Gestaltung der Erdoberfläche geht eine Umwandlung und Annäherung an die Jetztzeit vor sich. Nicht nur, daß sich die klimatischen Zonen immer schärfer herausbilden, ist zu bemerken, sondern es gestaltet sich auch zwischen Festland und Meer immer mehr das Verhältnis, wie wir es jetzt vor uns haben. Den größten Anteil daran nimmt die Bildung der heutigen Gebirgsketten zur Tertiärzeit (Alpen, Pyrenäen, Karpathen), welche zwar schon früher durch Brüche und Lockerungen des Bodens vorbereitet waren, aber erst zur Tertiärzeit ihre letzte und mächtige Emporpressung erfuhren. Hand in Hand mit der Bildung der tektonischen Gebirge kam es auch zu massenhaften vulkanischen Eruptionen. Die Eruptionsmassen bestehen hauptsächlich aus Basalt, Phonolith und Andesit-Gesteinen, welche teils als massige Kuppen und Domvulkane, teils aber auch als echte Stratovulkane abgelagert sind. Durch die Erhebung der Gebirge werden auch die Stromgebiete reguliert und der Abfluß und die damit verbundene Gesteinsabfuhr nach jenen Gebieten gelenkt, welche auch heute noch diesem Zweck dienen.

Die Ablagerungen der Tertiärzeit sind natürlich von der verschiedensten Art; anfangs treten auch noch auf den heutigen Kontinenten marine Ablagerungen mit Kalken und Sandsteinen auf, welche sich allmählich auf die Niederungen und schließlich auf die Küstenlinien der heutigen Meere zurückziehen. Sie werden innerhalb des Festlandes vertreten durch die brackischen Bildungen und die rein terrestrischen Ablagerungen, bestehend aus den Absätzen von Quellen, den sogenannten Süßwasserkalken; diese sind erfüllt von Sumpf- und Landschnecken und den Resten von Säugetieren. Dazu kommen die großen Braunkohlenablagerungen, welche uns von der Üppigkeit der Flora Kunde geben.

Die Schwierigkeiten, welche sich einer allgemeinen Gliederung des Tertiärs entgegensetzen, sind in die Augen springend, wenn wir an die Verschiedenartigkeit der Ablagerung selbst, wie an die Verschiedenheit des Klimas denken, unter welchen

die betreffende Tier- und Pflanzenwelt gelebt hat. Es mußte sich demnach immer mehr der Charakter von Lokal-Faunen und -Floren ausbilden, wie sie ja auch in der Jetztwelt herrschen. Im allgemeinen läßt sich jedoch eine Gliederung in älteres Tertiär mit Eokän und Oligokän, und jüngeres Tertiär mit Miokän und Pliokän feststellen.

Die alten Tertiärgebilde Eokän und Oligokän zeigen in ihren marinen Ablagerungen schon bedeutende Abweichungen von der Kreide. Ammoniten, Belemniten und nahezu sämtliche Brachiopoden sind verschwunden, und an ihre Stelle treten Muscheln und Schnecken, aber auch unter den Muscheln fehlen die früher leitenden Formen der Inokeramen, Rudisten und Trigonien. Außerordentlich gute Leitfossile finden wir dagegen unter den Foraminiferen in Gestalt der Nummuliten (Taf. II, Fig. 3), bis talergroße scheibenförmige Gebilde, welche im Innern ein spiral aufgerolltes System von Kammern zeigen. In den südlichen (mediterranen) Ablagerungen spielen die Nummuliten dieselbe Rolle, welche die Hippuriten in der Kreide gespielt haben.

Noch größere Bedeutung, besonders in Deutschland, gewinnen die terrestrischen Bildungen des alten Tertiärs, welche in Süddeutschland als Bohnerze in den Spalten des Jura liegen und in Norddeutschland als Braunkohlenformation ausgebildet sind. Die oligokänen Braunkohlen beherbergen eine Pflanzenwelt von echt tropischem Charakter mit Séquoia (Taf. I, Fig. 9), Palmacites, Lorbeer, Ficus, immergrünen Eichen u. a.

Die Tierwelt wird beherrscht von den Säugetieren, unter welchen Palaeotherium (Taf. IV, Fig. 9) und Anoplotherium sehr charakteristisch sind, Huftiere, welche noch die Merkmale von Wiederkäuern, Dickhäutern und Schweinen in sich vereinigen. Neben diesen treten auch schon echte Beuteltiere, Nager und Fleischfresser auf. Den Reichtum der Insektenwelt lernen wir aus den Bernsteinschichten bei Königsberg kennen.

In dem jungen Tertiär, Miokän und Pliokän, nehmen die jetzt herrschenden Arten immer mehr zu. Die Pflanzenwelt des Miokäns in Europa zeigt noch einen subtropischen Charakter mit Palmen, Lorbeer, Myrten, Feigen, Pappeln, Ahorn, Nuß, Weiden, Birken und Eichen. Die Säugetiere zeigen weniger Sammeltypen, sondern nähern sich in ihrer Form den jetzt lebenden; die Dickhäuter sind durch Mastodon, (Taf. IV, Fig. 10), Dinotherium und Rhinozerosarten vertreten; unter den Huftieren zweigen sich Antilopen und Pferde ab, auch echte Affen treten neben den zahlreichen übrigen Säugetiergeschlechtern der Jetztzeit auf.

In Deutschland sind zwei marine Ablagerungen von besonderer Bedeutung, die eine — das Mainzer Becken in den Niederungen des Rheines — und die andere — das Molasse-Gebiet am Nordrande der Alpen. — Während ersteres sich mehr auf die Rheinebene beschränkt, griffen die Meeresarme im Donaugebiet zur Miokänzeit noch tief in das Festland ein und schlossen sich an die Seebecken an, welche den Nordrand der Alpen umgaben.

Die vulkanischen Eruptionen der Tertiärzeit machten sich in Deutschland besonders geltend; sie sind gekennzeichnet durch die Basalte und Phonolithe der Eifel, des Siebengebirges, des Vogelsgebirges, der Rhön, der Lausitz, sowie die vulkanischen Erscheinungen der Schwäbischen Alb, den Hegau und den Rieskessel.

9. Das Diluvium oder die Eiszeit.

Eine geologisch noch keineswegs genügend aufgeklärte Erscheinung ist es, daß auf die warmen Perioden des Tertiäres ein so großer Rückschlag in der Temperatur erfolgte, daß sich Gletschermassen ausbildeten, welche nun den größten Teil

der gemäßigten Zone bedeckten. In ungeheuren Massen wälzte sich das Eis von Skandinavien her und bedeckte Norddeutschland bis zum Erzgebirge und zum Harz. Ganz Oberschwaben bis zur Donau war vom Rheintalgletscher, Oberbayern von Lech-, Isar- und Inngletscher eingenommen, und im mittleren Deutschland suchten Inlandeis und lokale Vergletscherungen Platz zu greifen. Ebenso wie in Deutschland sehen wir auch in allen andern Teilen der Erde, sowohl in den nördlichen wie südlichen Hemisphären, deutliche Spuren einer Abkühlung des Klimas und damit verbundener weitgreifender Vergletscherung.

Wo noch freies Land übrig blieb, lebte bei uns eine nordische Tierwelt; das Mammut, ein langhaariger, mit unförmlichen Stoßzähnen bewaffneter Elefant, und das zottige Nashorn, nebst Höhlenbär, Hyäne und Löwe waren wohl die größten und stärksten Tiere; aber auffallend ist, daß auch die übrige Tierwelt eine überaus kräftige Entfaltung zeigt und zum Teil zu gewaltiger Größe der Arten gelangt. So finden wir in Europa die großen Hirsche (Cervus giganteus) und Stiere (Bos priscus und primigenius) neben wohlentwickelten Wildpferden. Am auffallendsten ist die Größenentwicklung bei den südamerikanischen Edentaten mit dem Riesenfaultier (Megatherium) und dem Riesengürteltier (Glyptodon). Mit Sicherheit sind im Diluvium auch die Spuren des Menschen nachgewiesen, der dieser Tierwelt nachstellt und die Herrschaft über sie zu gewinnen sucht.

Die Gliederung des Diluviums ist zwar noch nicht in allen Einzelheiten klargelegt, doch ist so viel sicher, daß es sich um mehrere Perioden starker Vereisung (Glazialperioden) mit dazwischenliegenden Rückzugsperioden der Gletscher (Interglazialzeiten) handelt. Im Gebiet der Alpen werden drei bis vier, in Norddeutschland, England und Skandinavien meist drei Vergletscherungen angenommen.

Charakterisiert sind die Ablagerungen der Eiszeiten durch die ungeheuren Massen von glazialem Schutt, welcher durch die Gletscher als Moränen in das Flachland aus den Bergen herausgeschoben wurde. Blockstruktur und gekritzte Geschiebe, sowie geschrammter Untergrund und Auswaschung von Riesentöpfen sind die Merkmale dieser Ablagerungen. In den Interglazialzeiten wurden die Moränen ausgewaschen und in den Tälern in geschichtete Kiese umgewandelt, außerdem kam



Diluvium.
Kaibach-Einschnitt, an der Eisenbahnlinie Kißlegg-Wangen i. Allg.
T Tertiär (Miokäne Sande). M Alte Moräne. JG Interglaziale Zwischenschicht mit Torfletten und Spuren von Mammut, Renntier und Mensch.
M_2 Junge Moräne.

es auch zu Ablagerungen von Torf und Braunkohle. Das Klima war außerhalb der vereisten Gebiete und während der Interglazialzeit vielfach trocken und wird als Steppenklima charakterisiert, in welchem sich namentlich die mächtigen äolischen Ablagerungen von Löß und Lehm bemerkbar machen. Die glazialen Ablagerungen sind sehr wichtig, denn ihnen verdanken wir vielfach die Fruchtbarkeit des Bodens, und sie sind es auch, welche unsere heutige Oberfläche und Talbildung beeinflußt haben.

Mit der letzten Eiszeit verschwindet ein großer Teil der diluvialen Fauna, namentlich die Dickhäuter, und geht unmerklich in diejenige der Jetztzeit über. Aber die Bildung von neuen Schichten und Ablagerungen steht keineswegs still, und man bezeichnet diese modernen Gebilde als Alluvium. Hier-

her gehören die Quellabsätze, die Schotter- und Sandablagerungen des Meeres und der Flüsse und vor allem die teils vom Wasser, teils vom Winde gebildeten Lehm- und Lößablagerungen.

So sind wir im raschen Fluge von den ältesten Urzeiten bis zur Jetztzeit durchgedrungen, von der Herrschaft jener unförmlichen Krebstiere, der Trilobiten, bis zur Herrschaft des Menschen, und haben den langsamen aber steten Entwicklungsgang verfolgt, der sich durch die ganze Erdgeschichte durchzieht und seinen Gipfelpunkt in der Jetztzeit und dem Menschen findet.

Zusammenstellung der wichtigsten Pflanzen- und Tierversteinerungen.

Auf den folgenden vier Tafeln soll eine Übersicht über das Pflanzen- und Tierleben gegeben werden. Es ist natürlich, daß es sich nur um eine ganz gedrängte Zusammenstellung handeln kann, und daß unter Tausenden von Arten nur eine einzige als Typus der ganzen Gattung herausgegriffen und abgebildet werden konnte. Immerhin können wir auch schon in dem engen Rahmen von 50 Figuren einen Entwicklungsgang beobachten, welcher sich in der Pflanzenwelt von den einfach gebauten Algen bis zu dem ersten Laubholz, in der Tierwelt von den einzelligen Urtierchen bis zu den Säugetieren verfolgen läßt. Freilich ist die Zusammenstellung eine rein botanische resp. zoologische, wobei das geologische Auftreten zunächst nicht berücksichtigt werden konnte. Denn obgleich wir annehmen dürfen, daß die Entwicklung der Tierwelt sich an die geologischen Perioden angeschlossen hat, so sind wir doch noch weit entfernt, dies an der Hand von Fossilien nachweisen zu können. Der Grund hierfür liegt zum Teil in der noch immer sehr lückenhaften Kenntnis der Versteinerungen, denn es sind immerhin nur sehr kleine und im Verhältnis zum Ganzen unbedeutende Gebiete, welche bis jetzt untersucht sind oder überhaupt untersucht werden können, da uns ja nur die äußersten zu Tage tretenden Teile der Schichten zugänglich sind. Der zweite noch wichtigere Grund, der uns die Hoffnung nimmt, später einmal eine vollständige Übersicht und Klarheit zu bekommen, liegt darin, daß uns von den Tieren überhaupt nur die harten Schalen oder Knochen erhalten sind, daß also die ungeheure Masse der schalenlosen Weichtiere, mit welchen jedenfalls die Entwicklung begonnen hat, unwiederbringlich verloren gegangen ist. So müssen wir uns mit den wenigen zum Teil für die Entwicklungsgeschichte recht wertlosen Hartbestandteilen begnügen; um so mehr ist dafür der Scharfsinn und die rastlose Arbeit anzuerkennen, womit dieses Material zu dem großen Gesamtbilde verwertet worden ist.

Tafel I. Fossile Pflanzen.

Fig. 1. Chondrites aus den Liasschiefern von Kirchheim u. Teck in Württemberg. Typus einer versteinerten Meeresalge, die gleich den heutigen Tangen massenhafte Entfaltung und Verbreitung erreichte.

Fig. 2. Calamites. Hauptverbreitung in der Steinkohlenformation. Baumartige hochaufgeschossene Schachtelhalme vom Bau der heute noch lebenden Arten (S. 66). 44

Fig. 3. Sigillaria aus der Steinkohlenformation (restaurierter Baum). Mächtige Stämme, die teilweise die Kohlenflöze zusammensetzen. Die systematische Stellung ist unsicher (S. 66). 44

Fig. 4. Lepidodendron aus der Steinkohlenformation. Baumartiges Bärlappengewächs, sehr verbreitet in den Steinkohlen (S. 66). 44

Fig. 5. Annularia aus der Steinkohlenformation. Blätter, welche zu den Kalamiten gehören (S. 66). 44

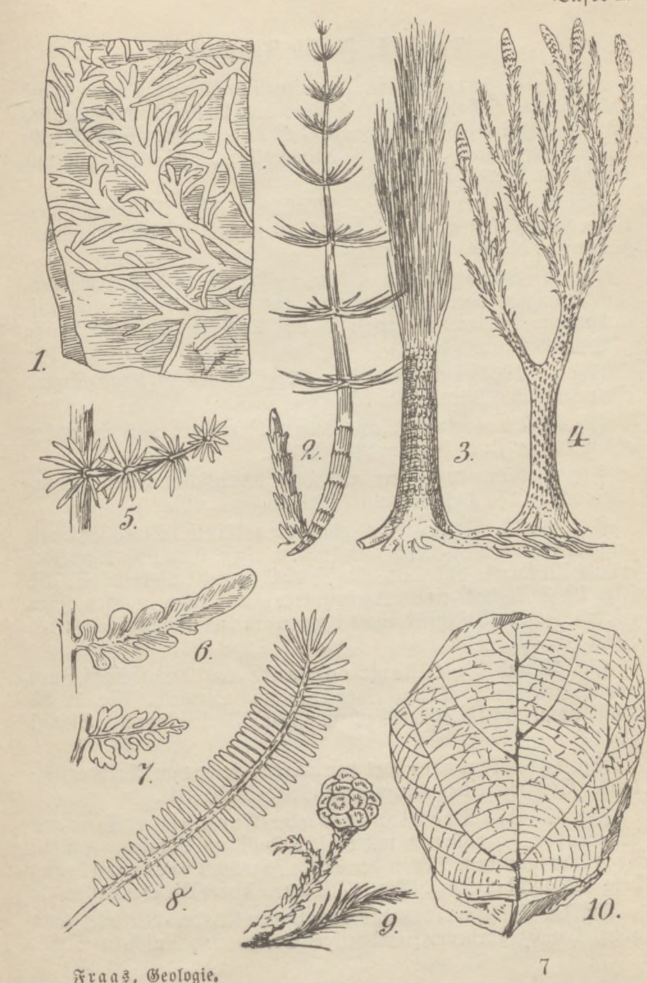
Fig. 6. Odontopteris.

Fig. 7. Sphenopteris. Beides Blätter von fossilen Farnen, welche in der Steinkohlen- und Triasperiode eine mächtige Entfaltung und Formenfülle bekommen.

Fig. 8. Zamites oder Pterophyllum. Vertreter einer Zykadeengattung der Trias- und Juraperiode (S. 74). 57

Fig. 9. Sequoia. Zapfen und Blätter aus dem Oligokän der Schweiz. Vertreter fossiler Koniferen aus der Gruppe der Taxusarten.

Fig. 10. Credneria aus dem Kenomansandstein von Blankenburg im Harz. Diese Blätter, welche in die Gruppe von Ficus (Urticinae) gestellt werden, bezeichnen in Deutschland das erste Auftreten der Laubhölzer (S. 85).



Tafel II. Fossile Tierwelt.

Fig. 1—3. Foraminiferen, einzellige Urtiere (Protozoa) mit gekammerten Schalen. Fig. 1 Fusulina, Leitfossil im Kohlenkalk (S. 64). Fig. 2 Globigerina, massenhaft in der weißen Schreibkreide (15fach vergrößert). Fig. 3 Nummulites, gesteinbildend und leitend im älteren Tertiär (S. 90).

Fig. 4. Radiolarien, gleichfalls einzellige Urtiere mit zierlichen Kieselskeletten. Sind besonders wichtig für die Feuersteinbildung (175fach vergrößert).

Fig. 5. Spongites aus dem weißen Jura von Schwaben. Die Spongien oder Seeschwämme sind nieder organisierte, aufgewachsene Seetiere; in der Jura- und Kreidezeit treten sie häufig gesteinbildend auf (S. 82).

Fig. 6. Halysites aus dem Obersilur von Gotland, Typus einer tabulaten Koralle (S. 57).

Fig. 7. Thecosmilia aus dem weißen Jura von Schwaben als Vertreter einer Hexakoralle (S. 83).

Fig. 8. Graptolithen aus dem böhmischen Silur, wahrscheinlich zu den Hydroidpolypen gehörig (S. 60).

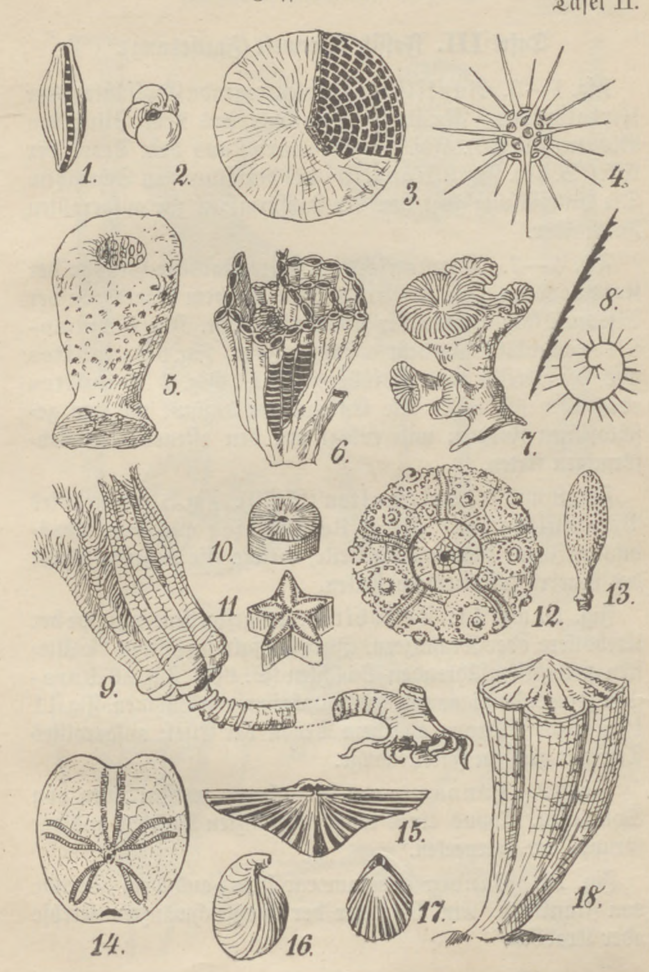
Fig. 9—11. Krinoiden oder Seelilien, Strahltiere mit langem Stiel, einem Kelch und Armen. Fig. 9 vollständiger Encrinus liliiformis aus dem Muschelkalk von Crailsheim (S. 73). Fig. 10 Stielglied eines Apiocrinus aus dem weißen Jura (S. 82). Fig. 11 Stielglied eines Pentacrinus aus dem schwarzen Jura (S. 80).

Fig. 12 und 13. Cidaris coronata aus dem weißen Jura von Württemberg. Typus eines regulären Seeigels. Fig. 12 die vollständige Schale ohne Stacheln. Fig. 13 ein einzelner Stachel (S. 82).

Fig. 14. Micraster aus der oberen Kreide von Norddeutschland. Vertreter eines irregulären Seeigels (S. 84).

Fig. 15—17. Brachiopoden oder Armkiemer, Tiere aus der Gruppe der Würmer mit muschelähnlichen Schalen. Fig. 15 Spirifer aus dem Devon der Eifel; Fig. 16 Terebratula aus dem schwäbischen Jura; Fig. 17 Rhynchonella ebendaher.

Fig. 18. Hippurites aus der alpinen Kreide. Vertreter einer gänzlich ausgestorbenen fremdartigen Gruppe von Muscheln (S. 86).



Tafel III. Fossile Tierwelt (Fortsetzung).

Fig. 1—3. Nautiliden, schalentragende Kopffüßler oder Kephalopoden. Fig. 1 Orthoceras aus dem Silur von Böhmen (S. 60). Fig. 2 Cyrtoceras aus dem Devon der Eifel (S. 60). Fig. 3 Nautilus aus dem Jura von Schwaben. Die Entwicklung geht von der stabförmigen zur aufgerollten Form über.

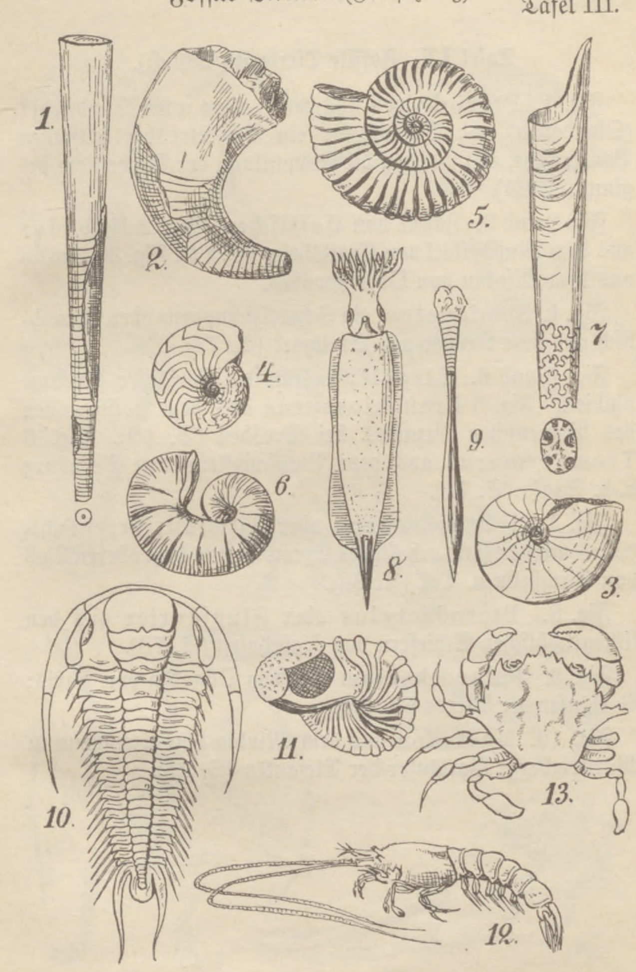
Fig. 4—7. Ammonitiden, ausgestorbene Gruppe der Kephalopoden. Fig. 4 Goniatites aus dem Oberdevon der Eifel (S. 63), Beginn der Ammonitenreihe. Fig. 5 Ammonites angulatus aus dem schwarzen Jura. Fig. 6 Scaphites aus der Kreide von Norddeutschland. Fig. 7 Baculites ebendaher (S. 84). Die Entwicklung beginnt mit den geschlossenen Formen und endigt mit den offenen und stabförmigen Arten.

Fig. 8 und 9. Belemniten (S. 79). Fig. 8 restauriertes Belemnitentier. Fig. 9 Belemnites aus dem schwäbischen Jura; schwarze Kalkkeile, welche die äußerste Spitze des inneren Skelettes darstellen.

Fig. 10 und 11. Trilobiten, ausgestorbene Gruppe der Krebstiere oder Krustazeen. Ihre Entfaltung fällt in die ältesten petrefaktenführenden Schichten (S. 60). Fig. 10 Paradoxites bohemicus aus dem Kambrium von Böhmen. Fig. 11 Phacops latifrons aus dem Devon der Eifel, aufgerolltes Tier mit großem Facettenauge.

Fig. 12. Pennaeus aus dem oberen weißen Jura von Solnhofen. Typus eines langgeschwänzten Krebses aus der Gruppe der Garneelen.

Fig. 13. Cancer (Psammocarcinus) aus dem Tertiär von Frankreich. Ein Vertreter der kurzgeschwänzten Krebse oder Krabben.



Tafel IV. Fossile Tierwelt (Schluß).

Fig. 1. Pterichthys aus dem „alten roten Sandstein" (Oberdevon) von Schottland; ein Vertreter der seltsamen Panzerfische, mit welchen die Entwicklung der Wirbeltiere beginnt (S. 64).

Fig. 2 und 3. Zähne von Haifischen. Fig. 2 Hybodus aus dem Muschelkalk von Crailsheim (S. 74). Fig. 3 Lamna aus dem Miokän von Oberschwaben.

Fig. 4. Semionotus, ein Schmelzschuppen- oder Ganoidfisch aus dem Keuper von Stuttgart (S. 74).

Fig. 5 und 6. Stegokephalen, die Vorläufer der Amphibien. Fig. 5 Branchiosaurus aus dem Rotliegenden des Plauenschen Grundes bei Dresden (S. 69). Fig. 6 Trematosaurus aus dem Buntsandstein von Bernburg a. d. Saale (S. 71).

Fig. 7. Ichthyosaurus oder Fischsaurier; prachtvolles mit der Haut erhaltenes Exemplar aus dem oberen Lias von Kirchheim u. Teck (S. 80).

Fig. 8. Pterodactylus oder Flugsaurier aus den lithographischen Schiefern von Solnhofen (S. 78).

Fig. 9. Palaeotherium aus dem Oligokän von Paris; Vorläufer der Pferde (S. 90).

Fig. 10. Mastodon aus dem Miokän von Steinheim in Württemberg; Vorläufer der Elefanten (S. 91).



Tabellarische Übersicht

über die

Formationslehre.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Neuzeit		Alluvium.	Rezente Ablagerungen von Flußschotter, Kies, Schlamm und Salzbildung an Seen u. Meeren, Lößablagerung.	Herrschaft des Menschen.
Quartär oder Diluvium	Der Urmensch im Kampfe mit nordischen Tieren, Vordringen der Gletscher.	Jüngere Eiszeit, I. Interglaziale, Ältere Eiszeiten. II. Interglaziale, Haupt-Eiszeit.	Moränen- und Lößbildung, lokale Torf- u. Braunkohle, große Moränenablagerung.	Renntier, Pferd, Urstiere, Mammut, Nashorn, Höhlenbär, erstes Auftreten d. Menschen in Europa.
Tertiär.	Übergang zur Jetztzeit,	Jüngeres Tertiär: Pliokän,	Sande und Mergel, Basalteruptionen,	Dinotherium, Hipparion, Menschen-Affen, Seemuscheln mit rezentem Charakter, Pflanzen der warmen und gemäßigten Zone.
	Entwicklung der angiospermen Dikotyledonen oder	Jüngeres Tertiär: Miokän.	marine Cerithien-Sande u. Kalke, Süßwasserkalke mit Helix u. Litorinella, Haupt-	Mastodon, Rhinoceros (Aceratherium), Anchitherium, erste geweihtragende

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Tertiär.	Laubhölzer in der Pflanzenwelt u. in der Tierwelt die Entwicklung der Säugetiere,	Jüngeres Tertiär: Miokän,	verbreitung der jungen vulkanischen Gesteine (Basalt, Phonolith und Trachyt),	Hirsche (Cervus furcatus), Halitherium, Pflanzen der tropischen Zone (Palmen, Bambus, Feigen, Lorbeer, immergrüne Eichen usw.).
	Bildung der heutigen Kontinente und klimatischen Zonen. Masseneruptionen der Vulkane.	Älteres Tertiär: Oligokän,	untere Meeresmolasse, Nagelfluhe der Schweiz, bernsteinführende Mergel, Braunkohlenflöze von Norddeutschland und Bayern, Bohnerzbildungen der Alb, Gipse vom Montmartre bei Paris,	Anoplotherium u. Palaeotherium, Schildkröten u. Krokodile, echt tropische Pflanzen in Zentral-Europa.
		Älteres Tertiär: Eokän.	London-Ton und Pariser Grobkalk, beides marine Sand-, Ton- und Kalk-Ablagerungen, erfüllt mit Muscheln und Schnecken, am Mittelmeer: Nummuliten-Sandstein und Flysch der Alpen.	Säugetiere mit Sammeltypus (Kreodontier) in Nord-Europa: Cerithium giganteum, Crassatella ponderosa u. a. im Mittelmeer: Nummuliten, Conoclypus, Clypeaster, Chondriten des Flysch.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Kreide.	Erstes Auftreten von Laubhölzern, allmähliches Erlöschen d. charakteristischen mesozoischen Tiergeschlechter, Ammoniten, Belemniten und vieler Saurierarten,	Obere Kreide. Senon,	Maastrichter Tuffkreide, weiße Schreibkreide, Senon-Mergel u. Sandsteine von Norddeutschland, oberer Quadersandstein.	Belemnitella mucronata, Coeloptychium, Inoceramus Crispi, Ananchytes ovata, Micraster coranguinum.
		Turon,	Schwarze u. weiße Kreidekalke, ob. Pläner u. mittlerer Quader.	Scaphites Geinitzi, Inoceramus labiatus.
			In den Alpen: Gosaukreide, und Hauptentwicklung des Hippuritenkalkes.	Hippurites cornuvaccinum.
		Kenoman,	Graue Kalke und glaukonitische Mergel (Grünsand v. Essen), Unterer Pläner und Quadersandstein.	Belemnites plenus, Ammonites cenomanensis, Amm. rhotomagensis, Pecten asper, Credneria, Salix u. Quercus.
	Trennung von südlicher	Untere Kreide Gault,	Gefleckte u. gestreifte Mergel (Flammenmergel), dunkle	Amm. mammilare, Turrilites, Inoceramus sulcatus.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Kreide.	und nördlicher klimatischer Zone,	Untere Kreide. Gault,	Mergelkalke und Sande. In d. Alpen: Schrattenkalke (Aptien).	Caprotina (Requienia) Ammonia.
		Neokom,	In Deutschland: Hilston u. Sandstein, Wealdenton u. Deistersandstein mit Steinkohlen.	Belemnites subquadratus, Ammonites noricus, Unionen u. Cypris, Iguanodon.
Jura.		Weißer Jura oder Malm. Thiton oberster weißer Jura ε und ζ,	Solenhofer Schiefer, Kehlheimer und Stramberger Korallenriffe, Kimmeridge- und Purbeck-Schichten von Norddeutschland, Aptychen-Schiefer der Alpen.	Saurier u. Fische von Solnhofen, Diceraskalke, Korallen, Amm. elimatus, Terebratula diphya, Pteroceras Oceani, Exogyra virgula.
		mittlerer weißer Jura γ und δ,	Feste weiße Kalke in Schwaben, Dolomite in Franken, obere Oxford-Schichten von Norddeutschland.	Korallen, Spongien (Cnemidium), Amm. inflatus u. flexuosus, Cidaris florigemma.
		unterer weißer Jura α und β.	Weiße Kalke u. Tone, untere Oxford-Schichten von Norddeutschland.	Ammon. planulatus, hexatinellide Kieselschwämme, Ammon. cordatus u. complanatus.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen		Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Jura.	Blütezeit der Ammoniten und Belemniten, Korallenriffe u. Seeschwämme. Höchste Entwicklung d. Reptilien (Ichthyosaurus, Plesiosaurus, Krokodile, Schildkröten, Dinosaurier u. Flugsaurier) u. der Ganoidfische. Erstes Auftreten v. Knochenfischen,	Braun. Jura od. Dogger.	oberer brauner Jura δ, ε und ζ,	Graue Tone und Mergel, Eisenoolithe.	Ammon. ornatus, macrocephalus, Parkinsoni, Ostrea Knorri.
			mittlerer braun. Jura γ und δ,	Gelbe und braune Kalke, Hauptoolith-Bildung.	Amm. coronatus u. Humphresianus, Belemnites giganteus, Ostrea cristagalli.
			unt. braun. Jura α u. β,	Graue sandige Tone und eisenhaltige Sandsteine.	Ammon. opalinus u. Murchisonae, Trigonia navis.
		Schwarzer Jura oder Lias.	oberer Lias ε und ζ,	Graue Mergel u. schwarze bituminöse Schiefer, alpin: obere Adnether Kalke.	Amm. communis, bifrons, jurensis u. radians, Posidonomya Bronni, Ichthyosaurus, Plesiosaurus u. Teleosaurus.
			mittlerer Lias γ u. δ,	Dunkle Tone u. Zementmergel, alpin: Allgäu- und Hirlatz-Schichten.	Ammon. amaltheus u. capricornus, Belemnites paxillosus.
			unterer Lias α und β,	Dunkle Tone, schwarze Kalke u. gelbe Sandsteine, alpin: untere Adnether Kalke.	Amm. raricostatus, Bucklandi, angulatus, Gryphaea arcuata.

			Deusche Trias:	Alpine Trias:	Deutsche Trias:	Alpine Trias:
Trias.	Entwicklung der Ammoniten,	Rät,	Sandsteine u. Bonebed,	Dachsteinkalk, Kößner Mergel,	Avicula contorta, Microlestes,	Megalodon, Avicula contorta, Rissoen,
	Zeit der riesigen Endglieder der Stegokephalen und der Nothosaurier, Belodonten und Zanklodonten.	Keuper,	Knollenmergel Stubensandst., bunte Mergel, Schilfsandst., Gipsmergel,	Plattenkalk, Hauptdolomit,	Zanclodon, Belodon, Cyclotosaurus, Equisetum.	
		Lettenkohle,	Sandstein u. Dolomit,	Raibler Mergel, Kalke u. Dolomite,	Mastodonsaurus, Equisetum, Ceratodus,	Ostrea montis caprilis, Myophoria Whateleyae.
			Hauptmuschelkalk,	Wetterstein u. Hallstätter Kalksteine,	Ceratites nodosus, Encrinus liliiformis	Gyroporellen, Arcestes.
		Muschelkalk.	Anhydrit-Gruppe, Wellen-Kalk und Dolomit.	Partnach-Mergel, Alpiner Muschelkalk.	Terebrat. vulgaris var. orbicularis.	Daonella Lommeli. Terebratula vulg., Retzia trigonella.

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten		Leitfossile	
			Deutsche Trias:	Alpine Trias:	Deutsche Trias:	Alpine Trias:
Trias.		Buntsandstein.	Röt, rote Sandsteine.	Werfner Schichten, Sandsteine.	Myophoria fallax, Chirotherium	Myophoria costata, Posidonomya Clarai.
Dyas od. permische Formation.	Ausklingen der paläozischen Flora u. Fauna, Blütezeit der Stegokephalen und erstes Auftreten von Reptilien.	Zechstein, Kupferschiefer, Rotliegendes.	Graue Kalke und Dolomite mit Gips- u. Salzlagern. Schwarze, häufig mit Kupferkies imprägnierte Schiefer (Mansfeld). Weiße und fleischrote, auch gefleckte Sandsteine und Konglomerate.		Productus horridus, Schizodus obscurus. Palaeniscus Freieslebeni, Acanthodes, Xenacanthus. Walchia piniformis, Archegosaurus, Branchiosaurus.	
Karbon oder Steinkohl.-Formation	In den Meeren höchste Entfaltung der Enkrinoiden u. großer Reichtum	Produktive Kohlenformation	Sandsteine und Konglomerate mit dazwischengelagerten Steinkohlenflözen,		Kalamiten, Asterophyllum u. Sphenophyllum, Sphenopteris, Alethopteris, Sigallaria u. Lepidodendron.	
	an Foraminiferen u. Brachiopoden;	Kulm,	Sandsteine, Konglomerate u. Tone selt. m. Kohlenflözen.		Calamites radiatus, Posidonomya Becheri.	
	auf dem Lande üppiges Wuchern v. Kryptogamen, erst. Auftreten v. Amphib. u. Insekt.	Kohlenkalk oder Bergkalk.	Schwarze Kalke mit Sandsteinen, Grauwacken und Tonen wechsellagernd.		Fusulina cylindrica, Pentatremites sulcatus, Palaeechinus, Productus semireticulatus, Goniatites sphaericus.	
Devon.	Erlöschen der Trilobiten und Graptolithen. Auftreten der erst. Landpflanzen u. Vorläufer der Ammoniten. Periode d. Panzerganoiden und Blütezeit der paläozoischen Korallen und Brachiopoden,	Oberdevon,	Meist schwarze Kalke und Schiefer; in Schottland: oberer alter roter Sandstein.		Clymenia undulata, Goniatites intumescens, Rhynchonella cuboides, Zypridinen, Osteolepis, Holoptychius, Coccosteus.	
		Mitteldevon,	Schwarze Kalke und Hauptentwicklung d. Diabastuffe, Korallenriffe der Eifel.		Stringocephal. Burtini, Uncites gryphus, Cyatophyllum, Favosites, Cuppressocrinus, Calceola sandalina.	
		Unterdevon.	Grauwacken u. quarzitische Sandsteine, Dachschiefer, Ockerkalke; in Schottland: unterer alter roter Sandstein.		Spirifer cultrijugatus und macropterus, Orthis striatula, Pleurodictyum problematicum, Phacops latifrons.	

Formation	Gesamt-Charakter der Formation	Gliederung in einzelne Formationsstufen	Deren wichtigste Gesteinsarten	Leitfossile
Silur.	Blütezeit der Trilobiten, Zystideen, Graptolithen und Nautiliden.	Obersilur,	Sandsteine Tonschiefer und Kalk,	Ctenacanthus, Eurypterus, Phacops, Calymene, Encrinurus, Cardiola interrupta, Pentamerus oblongus, Monograptus.
	Entwicklung der Brachiopoden u. Krinoiden, erste Panzerganoide.	Untersilur oder Primordialzone,	Tonschiefer u. Grauwacken, selten schwarze Kalke,	Trinucleus, Asaphus, Beyrichia, Ogygia, Orthis vespertilio und testudinaria, Phyllograptus und Diplograptus.
		Kambrium Präkambrium	Tonschiefer im Übergang zu den Phylliten, Grauwacken, Quarzite u. selten Kalksteine.	Paradoxites, Conocephalus, Agnostus, Olenus u. Cheirurus, Nereites, Protospongia, Bryograptus.

Archäische Formationen siehe Tabelle auf Seite 56.

Alphabetisches Register.



Mythologie, Deutsche, von Dr. Friedrich Kauffmann, Professor an der Universität Kiel. Nr. 15.
— siehe auch: Götter- u. Heldensage. — Heldensage.

Nautik. Kurzer Abriß des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigations-Schule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.

Nibelunge, Der, Nôt in Auswahl und Mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Professor an der Universität Rostock. Nr 1.
— — siehe auch: Leben, Deutsches, im 12. Jahrhundert.

Nutzpflanzen von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. d. Großh. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagogischen Seminars an der Universität Jena. Nr. 12.
— **Geschichte der,** von Oberlehrer Dr. H. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.

Paläontologie v. Dr. Rud. Hoernes, Prof. an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.

Perspektive nebst einem Anhang üb. Schattenkonstruktion und Parallelperspektive von Architekt Hans Freyberger, Fachlehrer an der Kunstgewerbeschule in Magdeburg. Mit 88 Abbildungen. Nr. 57.

Petrographie von Dr. W. Bruhns, Prof. a. d. Universität Straßburg i. E. Mit vielen Abbild. Nr. 173.

Pflanze, Die, ihr Bau und ihr Leben von Oberlehrer Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Prof. a. d. Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Abbild. Nr. 127.

Pflanzen-Morphologie, -Anatomie und -Physiologie von Dr. W. Migula, Professor an der Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.

Pflanzenreich, Das. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinecke in Breslau und Dr. W. Migula, Professor an der Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Figuren. Nr. 122.

Pflanzenwelt, Die, der Gewässer von Dr. W. Migula, Prof. an der Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

Philosophie, Einführung in die. Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Photographie. Von Prof. H. Keßler, Fachlehrer an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbild. Nr. 94.

Physik, Theoretische, I. Teil: Mechanik und Akustik. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 19 Abbild. Nr. 76.
— — II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.
— — III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Universität Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.

Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.

Plastik, Die, des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Konservator am German. Nationalmuseum zu Nürnberg. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.

Poetik, Deutsche, von Dr. K. Borinski, Dozent an der Universität München. Nr. 40.

Posamentiererei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Ind. zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Psychologie und Logik zur Einführ. in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Fig. Nr. 14.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Psychophysik, Grundriß der, von Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit 3 Figuren. Nr. 98.

Rechnen, Kaufmännisches, von Richard Just, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. I. II. III. Nr. 139. 140. 187.

Redelehre, Deutsche, v. Hans Probst, Gymnasiallehrer in München. Mit einer Tafel. Nr. 61.

Religionsgeschichte, Indische, von Professor Dr. Edmund Hardy in Bonn. Nr. 83.

— — siehe auch Buddha.

Russisch-Deutsches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 68.

Russisches Lesebuch mit Glossar von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 67.

— — siehe auch: Grammatik.

Sachs, Hans, u. Johann Fischart, nebst einem Anhang: Brant und Hutten. Ausgewählt und erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 24.

Schmarotzer u. Schmarotzertum in der Tierwelt. Erste Einführung in die tierische Schmarotzerkunde v. Dr Franz v. Wagner, a. o. Prof. a. d. Univers. Gießen. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.

Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Seyfert, Schuldir. in Ölsnitz i. V. Nr. 50.

Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel v. Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeb. von Professor Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.

Sociologie von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.

Spitzenfabrikation. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

Sprachdenkmäler, Gotische, mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen v. Dr. Herm. Jantzen in Breslau. Nr. 79.

Sprachwissenschaft, Indogermanische, von Dr. R. Meringer, Prof. an der Universität Graz. Mit einer Tafel. Nr. 59.

— **Romanische,** von Dr. Adolf Zauner, k. k. Realschulprofessor in Wien. Nr. 128.

Stammeskunde, Deutsche, von Dr. Rudolf Much, Privatdozent an d. Universität Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.

Statik, I. Teil: Die Grundlehren der Statik starrer Körper von W. Hauber, diplom. Ingenieur. Mit 82 Fig. Nr. 178.

— — II. Teil: Angewandte Statik. Mit zahlreichen Figuren. Nr. 179.

Stenographie. Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einigungssystem Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Lesestücken und einem Anhang von Dr. Amsel, Oberlehrer des Kadettenhauses in Oranienstein. Nr. 86.

Stereometrie von Dr. R. Glaser in Stuttgart. Mit 44 Figuren. Nr. 97.

Stilkunde von Karl Otto Hartmann, Gewerbeschulvorstand in Lahr. Mit 7 Vollbildern und 195 Text-Illustrationen. Nr. 80.

Technologie, Allgemeine chemische, von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

Telegraphie, Die elektrische, von Dr. Ludwig Rellstab. Mit 19 Fig. Nr. 172.

Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Dir. der Königlichen Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Sammlung Göschen

Je in elegantem Leinwandband **80 Pf.**

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

Tierbiologie I: Entstehung und Weiterbildung der Tierwelt, Beziehungen zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Professor an der Universität Leipzig. Mit 33 Abbildungen. Nr. 131.

— **II:** Beziehungen der Tiere zur organischen Natur von Dr. Heinrich Simroth, Prof. an der Universität Leipzig. Mit 35 Abbild. Nr. 132.

Tierkunde v. Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Gießen. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.

Trigonometrie, Ebene und sphärische, von Dr. Gerh. Hessenberg in Charlottenburg. Mit 69 Figuren. Nr. 99.

Unterrichtswesen, Das öffentliche, Deutschlands i. d. Gegenwart von Dr. Paul Stötzner, Gymnasialoberlehrer in Zwickau. Nr. 130.

Urgeschichte der Menschheit v. Dr. Moritz Hoernes, Prof. an der Univ. Wien. Mit 48 Abbild. Nr. 42.

Versicherungsmathematik von Dr. Alfred Loewy, Prof. an der Univ. Freiburg i. B. Nr. 180.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Univers. Wien. Mit 56 Abbild. Nr. 73.

Volkslied, Das deutsche, ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Jul. Sahr. Nr. 25.

Volkswirtschaftslehre v. Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Freiburg i. B. Nr. 133.

Volkswirtschaftspolitik von Geh. Regierungsrat Dr. R. van der Borght, vortr. Rat im Reichsamt des Innern in Berlin. Nr. 177.

Waltharilied, Das, im Versmaße der Urschrift übersetzt und erläutert von Professor Dr. H. Althof, Oberlehrer a. Realgymnasium i. Weimar. Nr. 46.

Walther von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang u. Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von Otto Güntter, Prof. a d. Oberrealschule und a. d. Techn. Hochsch. in Stuttgart. Nr. 23.

Wärme. Theoretische Physik II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Professor an der Universität Wien. Mit 47 Abbild. Nr. 77.

Weberei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Techn. Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

Wechselkunde von Dr. Georg Funk in Mannheim. Mit vielen Formularen. Nr. 103.

Wirkerei. Textil-Industrie II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Max Gürtler, Direktor der Königl. Technischen Zentralstelle für Textil-Industrie zu Berlin. Mit 27 Fig. Nr. 185.

Wolfram von Eschenbach. Hartmann v. Aue, Wolfram v. Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höf. Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Professor am Kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Wörterbuch, Deutsches, von Dr. Ferdinand Detter, Professor an der Universität Prag. Nr. 64.

Württemberg. Landeskunde des Königreichs Württemberg von Dr. Kurt Hassert, Professor der Geographie an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.

Zeichenschule von Prof. K. Kimmich in Ulm. Mit 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck u. 135 Voll- und Textbildern. Nr. 39.

Zeichnen, Geometrisches, von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neubearbeit. von Prof. J. Vonderlinn, diplom. und staatl. gepr. Ingenieur in Breslau. Mit 290 Fig. und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Sammlung Schubert.

Sammlung mathematischer Lehrbücher,

die, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhend, den Bedürfnissen des Praktikers Rechnung tragen und zugleich durch eine leicht faßliche Darstellung des Stoffs auch für den Nichtfachmann verständlich sind.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände:

1 **Elementare Arithmetik und Algebra** von Prof. Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 2.80.

2 **Elementare Planimetrie** von Prof. W. Pflieger in Münster i. E. M. 4.80.

3 **Ebene und sphärische Trigonometrie** von Dr. F. Bohnert in Hamburg. M. 2.—.

4 **Elementare Stereometrie** von Dr. F. Bohnert in Hamburg. M. 2.40.

5 **Niedere Analysis I. Teil: Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Kettenbrüche und diophantische Gleichungen** von Professor Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 3.60.

6 **Algebra mit Einschluß der elementaren Zahlentheorie** von Dr. Otto Pund in Altona. M. 4.40.

7 **Ebene Geometrie der Lage** von Prof. Dr. Rud. Böger in Hamburg. M. 5.—.

8 **Analytische Geometrie der Ebene** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 6.—.

9 **Analytische Geometrie des Raumes I. Teil: Gerade, Ebene, Kugel** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 4.—.

10 **Differentialrechnung** von Prof. Dr. Frz. Meyer in Königsberg. M. 9.—.

12 **Elemente der darstellenden Geometrie** von Dr. John Schröder in Hamburg. M. 5.—.

13 **Differentialgleichungen** von Prof. Dr. L. Schlesinger in Klausenburg. M. 8.—.

14 **Praxis der Gleichungen** von Professor C. Runge in Hannover. M. 5.20.

19 **Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungs-Rechnung** von Dr. Norbert Herz in Wien. M. 8.—.

20 **Versicherungsmathematik** von Dr. W. Grossmann in Wien. M. 5.—.

25 **Analytische Geometrie des Raumes II. Teil: Die Flächen zweiten Grades** von Professor Dr. Max Simon in Straßburg. M. 4.40.

27 **Geometrische Transformationen I. Teil: Die projektiven Transformationen nebst ihren Anwendungen** von Professor Dr. Karl Doehlemann in München. M. 10.—.

29 **Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen I. Teil** von Professor Dr. Victor Kommerell in Reutlingen und Professor Dr. Karl Kommerell in Heilbronn. M. 4.80.

31 **Theorie der algebraischen Funktionen und ihrer Integrale** von Oberlehrer E. Landfriedt in Straßburg. M. 8.50.

Sammlung Schubert.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Leipzig.

34 **Liniengeometrie mit Anwendungen I. Teil** von Professor Dr. Konrad Zindler in Innsbruck. M. 12.—.

35 **Mehrdimensionale Geometrie I. Teil: Die linearen Räume** von Professor Dr. P. H. Schoute in Groningen. M. 10.—.

39 **Thermodynamik I. Teil** von Professor Dr. W. Voigt in Göttingen. M. 10.—.

40 **Mathematische Optik** von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 6.—.

41 **Theorie der Elektrizität und des Magnetismus I. Teil: Elektrostatik und Elektrokinetik** von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg. M. 5.—.

44 **Allgemeine Theorie der Raumkurven und Flächen II. Teil** von Professor Dr. Victor Kommerell in Reutlingen und Professor Dr. Karl Kommerell in Heilbronn. M. 5.80.

45 **Niedere Analysis II. Teil: Funktionen, Potenzreihen, Gleichungen** von Professor Dr. Hermann Schubert in Hamburg. M. 3.80.

46 **Thetafunktionen und hyperelliptische Funktionen** von Oberlehrer E. Landfriedt in Straßburg. M. 4.50.

In Vorbereitung bezw. projektiert sind:

Integralrechnung von Professor Dr. Franz Meyer in Königsberg.

Elemente der Astronomie von Dr. Ernst Hartwig in Bamberg.

Mathematische Geographie von Dr. Ernst Hartwig in Bamberg.

Darstellende Geometrie II. Teil: Anwendungen der darstellenden Geometrie von Professor Erich Geyger in Kassel.

Geschichte der Mathematik von Prof. Dr. A. von Braunmühl und Prof. Dr. S. Günther in München.

Dynamik von Professor Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Technische Mechanik von Prof. Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Geodäsie von Professor Dr. A. Galle in Potsdam.

Allgemeine Funktionentheorie von Dr. Paul Epstein in Straßburg.

Räumliche projektive Geometrie.

Geometrische Transformationen II. Teil von Professor Dr. Karl Doehlemann in München.

Theorie der höheren algebraischen Kurven.

Elliptische Funktionen.

Theorie und Praxis der Reihen von Prof. C. Runge in Hannover.

Allgemeine Formen- und Invariantentheorie von Professor Dr. Jos. Wellstein in Gießen.

Mehrdimensionale Geometrie II. Teil von Professor Dr. P. H. Schoute in Groningen.

Liniengeometrie II. Teil von Professor Dr. Konrad Zindler in Innsbruck.

Kinematik von Professor Dr. Karl Heun in Karlsruhe.

Angewandte Potentialtheorie von Oberlehrer Grimsehl in Hamburg.

Theorie der Elektrizität und des Magnetismus II. Teil: Magnetismus und Elektromagnetismus von Professor Dr. J. Classen in Hamburg.

Thermodynamik II. Teil von Professor Dr. W. Voigt in Göttingen.

Elektromagnet. Lichttheorie von Prof. Dr. J. Classen in Hamburg.

Gruppen- u. Substitutionentheorie von Prof. Dr. E. Netto in Gießen.

Theorie der Flächen dritter Ordnung.

Mathematische Potentialtheorie.

Festigkeitslehre für Bauingenieure von Dr. ing. H. Reißner in Berlin.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Elemente der Stereometrie

von

Prof. Dr. Gustav Holzmüller.

I. Band: **Die Lehrsätze und Konstruktionen.** Mit 282 Figuren. Preis broschiert M. 6.—, gebunden M. 6.60.

II. Band: **Die Berechnung einfach gestalteter Körper.** Mit 156 Figuren. Preis broschiert M. 10.—, gebunden M. 10.80.

III. Band: **Die Untersuchung und Konstruktion schwierigerer Raumgebilde.** Mit 126 Figuren. Preis broschiert M. 9.—, gebunden M. 9.80.

IV. Band: **Fortsetzung der schwierigeren Untersuchungen.** Mit 89 Figuren. Preis broschiert M. 9.—, gebunden M. 9.80.

Dieses Werk dürfte wohl einzig in seiner Art dastehen, denn in so umfassender und gründlicher Weise ist die Stereometrie noch nicht behandelt worden. Das Wort „elementar" ist dabei so zu nehmen, daß die höhere Analysis und im allgemeinen auch die analytische Raumgeometrie ausgeschlossen bleiben, während die synthetische neuere Geometrie in den Kreis der Betrachtungen hineingezogen wird, soweit es die Methoden der darstellenden Geometrie erfordern.

Alle Figuren, auf die ganz besondere Sorgfalt verwendet worden ist, sind streng konstruiert und fast jede ist ein Beispiel der darstellenden Geometrie.

Trotz des elementaren Charakters geht diese neue Stereometrie weit über das übliche Ziel hinaus, gibt neben den Lehrsätzen umfangreiches Übungsmaterial, betont die Konstruktion und die Berechnung gleichmäßig und wird ... Vielseitigkeit und Gediegenheit des Inhalts wohl ...deren Lehrbücher erreicht.

Göschens Kaufmännische Bibliothek

Sammlung praktischer kaufmännischer Handbücher, die nach ihrer ganzen Anlage berufen sein sollen, sowohl im kaufmännischen Unterricht als in der Praxis wertvolle Dienste zu leisten.

Bd. 1: **Deutsche Handelskorrespondenz** von Robert Stern, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Dozent an der Handelshochschule zu Leipzig. Geb. Mk. 1.80.

Bd. 2: **Deutsch-Französische Handelskorrespondenz** von Prof. Th. de Beaux, Oberlehrer an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Geb. Mk. 3.—.

Bd. 3: **Deutsch-Englische Handelskorrespondenz** von John Montgomery, Director, and Hon-Secy, City of Liverpool School of Commerce, University College in Liverpool. Geb. M. 3.—.

Bd. 4: **Deutsch-Italienische Handelskorrespondenz** von Professor Alberto de Beaux, Oberlehrer am Königl. Institut S. S. Annunziata in Florenz. Geb. Mk. 3.—.

Die Zeichenkunst

Methodische Darstellung des gesamten Zeichenwesens

Herausgegeben von **Karl Kimmich.**

Unter Mitwirkung von **A. Andel, A. Cammissar, Ludwig Hans Fischer, M. Fürst, Otto Hupp, Albert Kull, Konrad Lange, Adalb. Micholitsch, Adolf Möller, Paul Naumann, Fritz Reiß, A. v. Saint-George, A. Stelzl, R. Trunk, J. Vonderlinn** und anderen.

Zwei starke Bände mit 1091 Text-Illustrationen sowie 56 Farb- und Lichtdrucktafeln.

Preis: Gebunden Mark 25.—.

Auch in 23 Heften à Mk. 1.— zu beziehen.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung in Leipzig.

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.



